



## APPLIED HISTORY JOURNAL OF MERONG MAHAWANGSA

<https://e-journal.uum.edu.my/index.php/ahjmm>

How to cite this article:

Mohd Hasfarisham Abd Halim, Mazlan Mahmud & Mokhtar Saidin. (2026). Kerangka arkeologi industri maritim melalui integrasi analisis multi-kaedah di Kompleks Arkeologi Sungai Batu ke arah pengurusan warisan arkeopelancongan. *Applied History Journal of Merong Mahawangsa*, 4, 365–397. <https://doi.org/10.32890/ahjmm2026.4.21>

### KERANGKA ARKEOLOGI INDUSTRI MARITIM MELALUI INTEGRASI ANALISIS MULTI-KAEDAH DI KOMPLEKS ARKEOLOGI SUNGAI BATU KE ARAH PENGURUSAN WARISAN ARKEOPELANCONGAN

*(Maritime Industrial Archaeology Framework through Multi-Method Analysis Integration in the Sungai Batu Archaeological Complex Towards Archaeotourism Heritage Management)*

<sup>1</sup>Mohd Hasfarisham Abd Halim, <sup>2</sup>Mazlan Mahmud & <sup>3</sup>Mokhtar Saidin

<sup>1</sup>Institut Alam dan Tamadun Melayu, Universiti Kebangsaan Malaysia  
Bangi Selangor, Malaysia

<sup>2</sup>Penyelidik Bebas, Ancient Kedah Heritage Resource  
Sungai Petani, Kedah, Malaysia

<sup>3</sup>Geopark and Geoheritage Creative Solution  
Sungai Petani, Kedah, Malaysia

<sup>1</sup> Corresponding author: [mhasfarisham@ukm.edu.my](mailto:mhasfarisham@ukm.edu.my)

Received: 01/02/2026

Revised: 07/06/2026

Accepted: 23/07/2026

Published: 31/07/2026

### ABSTRAK

Kompleks Arkeologi Sungai Batu (KASB) di Lembah Bujang, Kedah telah diiktiraf sebagai pusat industri besi dan perdagangan terawal di Asia Tenggara sejak kurun keenam Sebelum Masihi (SM). Walaupun kajian-kajian terdahulu telah menghasilkan penemuan penting melalui analisis saintifik dan ekskavasi arkeologi, terdapat jurang ketara dalam mengintegrasikan data multi-kaedah ini untuk rekonstruksi sosio-ekonomi yang komprehensif dan pengurusan warisan yang holistik. Kajian ini bertujuan membangunkan

kerangka metodologi bersepadu yang menggabungkan data ekskavasi arkeologi, analisis saintifik dan kronologi mutlak untuk merekonstruksi rangkaian ekonomi maritim, organisasi sosial dan teknologi metalurgi kerajaan Kedah Tua. Metodologi kajian melibatkan analisis sekunder terhadap 24 penerbitan saintifik (2021–2026) dan sintesis data arkeometri daripada 17 tapak peleburan besi, 11 jeti sungai, 18 pengurusan pelabuhan dan satu kompleks ritual dan monumen Buddha. Kajian ini menyumbang kepada pembangunan kerangka teori baharu dalam arkeologi industri maritim dan menyediakan asas saintifik untuk pengurusan warisan KASB sebagai Tapak Warisan Dunia UNESCO pada masa hadapan. Implikasi praktikal termasuk cadangan dasar pemuliharaan berasaskan bukti, pembangunan produk pelancongan warisan yang autentik dan strategi penglibatan komuniti yang mampan. Kajian ini membuktikan bahawa pendekatan transdisiplin yang mengintegrasikan sains arkeologi, sejarah maritim dan pengurusan warisan adalah penting untuk memahami tamadun purba secara holistik dan memastikan warisan arkeologi diurus secara bertanggungjawab untuk generasi akan datang.

**Kata kunci:** Kompleks Arkeologi Sungai Batu, kerajaan Kedah Tua, integrasi multi kaedah, interpretasi arkeologi, pengurusan warisan.

### **ABSTRACT**

*The Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC) in the Bujang Valley, Kedah, has been recognised as the earliest iron industry and trade centre in Southeast Asia since the 6th century BCE. Although previous studies have produced important findings through scientific analysis and archaeological excavations, there is a significant gap in integrating this multi-method data for comprehensive socio-economic reconstruction and holistic heritage management. This study aims to develop an integrated methodological framework that combines archaeological excavation data, scientific analysis and absolute chronology to reconstruct the maritime economic network, social organisation and metallurgical technology of the ancient Kedah kingdom. The study methodology involves secondary analysis of 24 scientific publications (2021–2026) and synthesis of archaeometric data from 17 iron smelting sites, 11 river jetties, 18 port management complexes and one Buddhist ritual and monument complex. This study contributes to the development of a new theoretical framework in maritime industrial archaeology and provides a scientific basis for the future management of the SBAC heritage as a UNESCO World Heritage Site. Practical implications include evidence-based conservation policy recommendations, development of authentic heritage tourism products and sustainable community engagement strategies. This study proves that a transdisciplinary approach that integrates archaeological science, maritime history and heritage management is essential to understand ancient civilisations holistically and ensure that archaeological heritage is managed responsibly for future generations.*

**Keywords:** Sungai Batu Archaeological Complex, ancient Kedah Kingdom, multi-method integration, archaeological interpretation, heritage management.

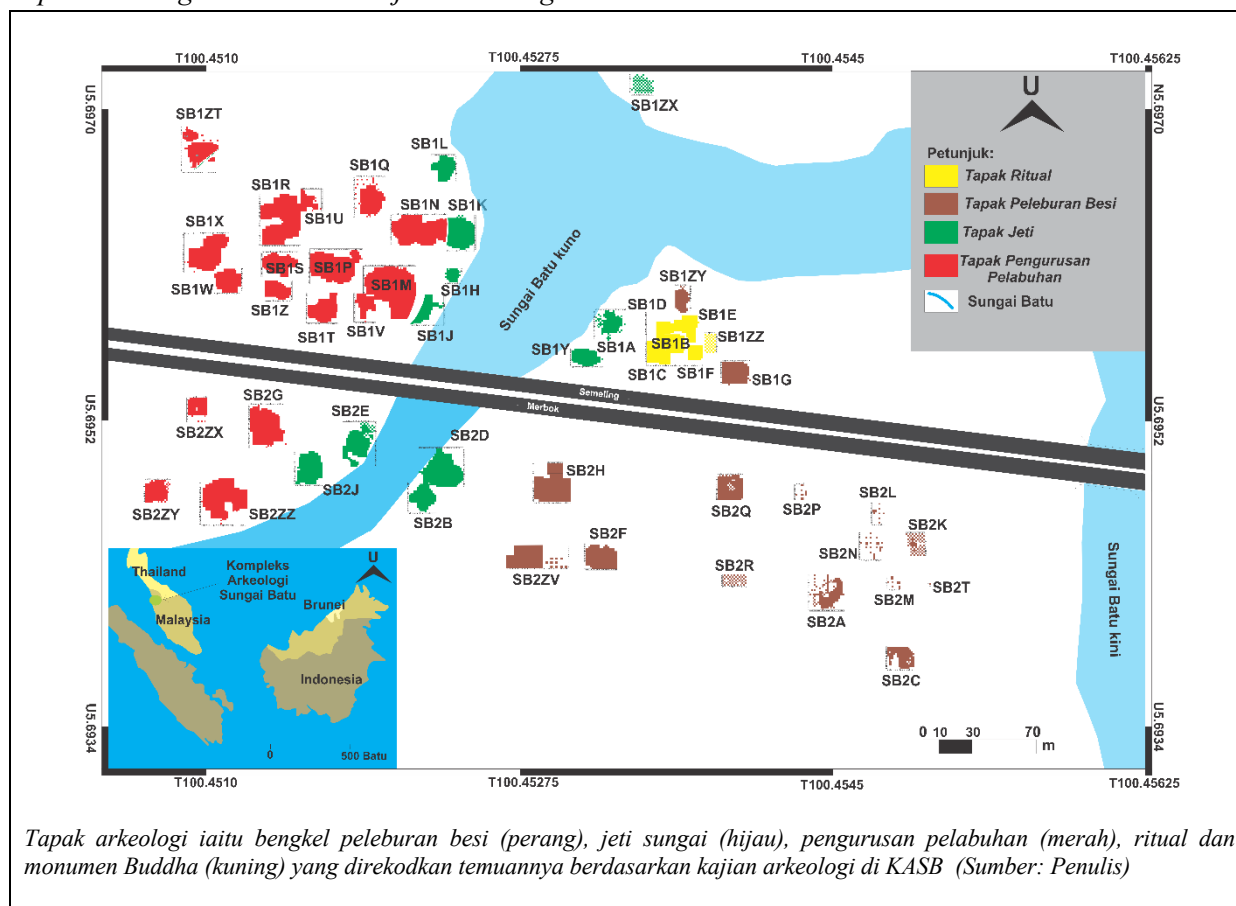
### **PENDAHULUAN**

Kompleks Arkeologi Sungai Batu (KASB) di Lembah Bujang, Kedah, merupakan salah satu penemuan arkeologi paling signifikan di Asia Tenggara pada abad ke-21. Sejak ekskavasi sistematik dijalankan sejak tahun 2009, sebanyak 52 tapak telah diekskavasi dan ditentukan fungsinya iaitu tapak peleburan besi, struktur jeti sungai, pengurusan pentadbiran dan monumen ritual dan keagamaan Buddha (Peta 1) (Mohd Hasfarisham & Mokhtar, 2025). Malah pentarikhan kronometriknya yang menggunakan kaedah

radiokarbon dan Optically Stimulated Luminescence (OSL) telah menunjukkan aktiviti metalurgi di kawasan ini bermula sejak kurun keenam Sebelum Masihi (SM). Ini menjadikan KASB sebagai pusat perindustrian besi dan perdagangan terawal yang direkodkan di Asia Tenggara (Mohd Hasfarisham et al., 2025a,b).

## Peta 1

*Tapak arkeologi Berdasarkan Kajian Arkeologi di KASB*



Kepentingan KASB bukan sahaja terletak pada nilai warisannya, tetapi juga pada skala dan kecanggihan teknologi metalurgi yang digunakan. Kajian arkeometalurgi telah mendedahkan bahawa masyarakat Kedah Tua menguasai teknologi peleburan besi yang kompleks dan mampu menghasilkan besi berkualiti tinggi untuk tujuan perdagangan maritim jarak jauh (Mohd Hasfarisham et al., 2025a). Analisis saintifik menggunakan X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), dan Scanning Electron Microscopy (SEM) terhadap artifak besi, tembikar dan bata telah memberikan bukti konklusif tentang sumber bahan mentah tempatan, suhu pembakaran dan proses pembuatan (Mohd Hasfarisham et al., 2024) yang menggambarkan ketinggian teknologi yang dimiliki masyarakat Kedah Tua.

Walaupun bagaimanapun, masih terdapat jurang metodologi yang ketara dalam literature penyelidikan sedia ada di KASB. Kebanyakan kajian terdahulu cenderung berfokus kepada aspek-aspek spesifik secara berasingan iaitu sama ada ekskavasi arkeologi, analisis saintifik bahan arkeologi atau pembangunan pelancongan warisan (Lampiran 1). Pendekatan silo ini telah menghasilkan korpus data yang kaya tetapi terfragmen yang menghalang pemahaman holistik tentang bagaimana sistem sosio-ekonomi kompleks di KASB berfungsi sebagai satu entiti yang bersepadu.

Analisis terhadap 24 penerbitan saintifik berkaitan KASB yang diterbitkan antara 2021 hingga 2026 mendedahkan beberapa corak penting. Pertama, terdapat penekanan yang kuat terhadap kajian arkeologi dan analisis saintifik bahan arkeologi terutamanya menggunakan teknik XRD, XRF dan SEM untuk mengkaji tembikar, bata dan artifak besi. Kedua, terdapat peningkatan minat terhadap pembangunan pelancongan warisan terutamanya sejak 2022 yang mencerminkan usaha untuk menterjemahkan penemuan arkeologi kepada produk pelancongan yang berdaya maju (Mohd Hasfarisham & Mokhtar, 2026b).

Namun, analisis kritikal terhadap literatur ini juga mendedahkan tiga jurang penyelidikan utama yang perlu ditangani. Pertama, tiada kajian yang mengintegrasikan secara sistematik data daripada pelbagai kaedah analisis (arkeometri, geofizik, kronologi dan analisis spasial) untuk menghasilkan rekonstruksi sosio-ekonomi yang komprehensif. Kedua, walaupun data saintifik yang melimpah tentang teknologi metalurgi, terdapat kekurangan model kuantitatif yang menganggarkan skala pengeluaran, populasi pekerja dan impak ekonomi industri besi KASB. Ketiga, hubungan antara penemuan arkeologi dan strategi pengurusan warisan kontemporari masih lemah dengan kebanyakan kajian pengurusan warisan tidak bersandarkan kepada bukti arkeologi yang kukuh.

Justeru, kajian ini bertujuan untuk menangani jurang-jurang ini dengan membangunkan dan mengaplikasikan kerangka metodologi bersepadu yang menggabungkan analisis saintifik multi-kaedah dengan rekonstruksi sosio-ekonomi dan pengurusan warisan. Objektif spesifik kajian ini adalah untuk i) mensintesis data arkeometri daripada kajian-kajian terdahulu untuk memahami teknologi pembuatan dan sumber bahan mentah; ii) mengintegrasikan data geofizik, kronologi dan arkeologi untuk merekonstruksi evolusi spasial dan temporal KASB; iii) membangunkan model kuantitatif rekonstruksi sosio-ekonomi yang menganggarkan skala pengeluaran, populasi dan rangkaian perdagangan dan iv) mencadangkan kerangka pengurusan warisan berasaskan bukti yang mengintegrasikan penemuan arkeologi dengan keperluan pemuliharaan dan pembangunan pelancongan mampan.

Kajian ini menyumbang kepada bidang arkeologi industri maritim dalam beberapa pendekatan. Daripada segi teori, kajian ini memperkenalkan pendekatan transdisiplin yang mengintegrasikan sains arkeologi, sejarah ekonomi dan kajian warisan untuk memahami tamadun maritim purba secara holistik. Daripada segi metodologi pula ia membangunkan protokol integrasi data multi-kaedah yang boleh diaplikasikan kepada tapak arkeologi kompleks yang lain manakala daripada segi praktikal, ia telah menyediakan asas saintifik untuk pengurusan warisan KASB dan menyokong usaha untuk mendapatkan pengiktirafan sebagai Tapak Warisan Dunia UNESCO pada masa hadapan.

## **SOROTAN LITERATUR**

### **Kajian Arkeologi di KASB**

KASB telah menjadi fokus penyelidikan arkeologi intensif telah mendedahkan kewujudan industri peleburan besi (Rajah 1) berskala besar yang beroperasi di kawasan ini sejak lebih 2,600 tahun yang lalu (Mohd Hasfarisham et al., 2025a). Penemuan ini mencabar naratif konvensional tentang perkembangan teknologi metalurgi di Asia Tenggara dan memposisikan Kerajaan Kedah Tua sebagai kuasa maritim yang penting dalam rangkaian perdagangan Lautan Hindi purba.

## **Rajah 1**

### *Bukti Tinggalan Dasar Relau Di KASB*



*Bukti tinggalan dasar relau di KASB yang membuktikan keterlibatan Kedah Tua dalam industri peleburan besi  
(Sumber: Penulis)*

Salah satu sumbangan paling signifikan dalam literatur terkini ialah kajian oleh Mohd Hasfarisham et al. (2021a) yang menggunakan data penggerudian dalam untuk membuktikan bahawa KASB merupakan kawasan perindustrian utama bagi Kerajaan Kedah Tua. Analisis sampel tanah daripada penggerudian dalam menunjukkan bahawa kawasan ini dahulunya merupakan sebahagian daripada teluk laut purba yang luas sebelum berubah menjadi muara sungai, membolehkan penubuhan petempatan. Kawasan KASB juga kaya dengan kandungan bahan mentah seperti bijih besi untuk industri peleburan dan aluvium untuk pembuatan bata, yang menyokong perkembangan kompleks perindustrian yang maju (Mohd Hasfarisham et al., 2023c).

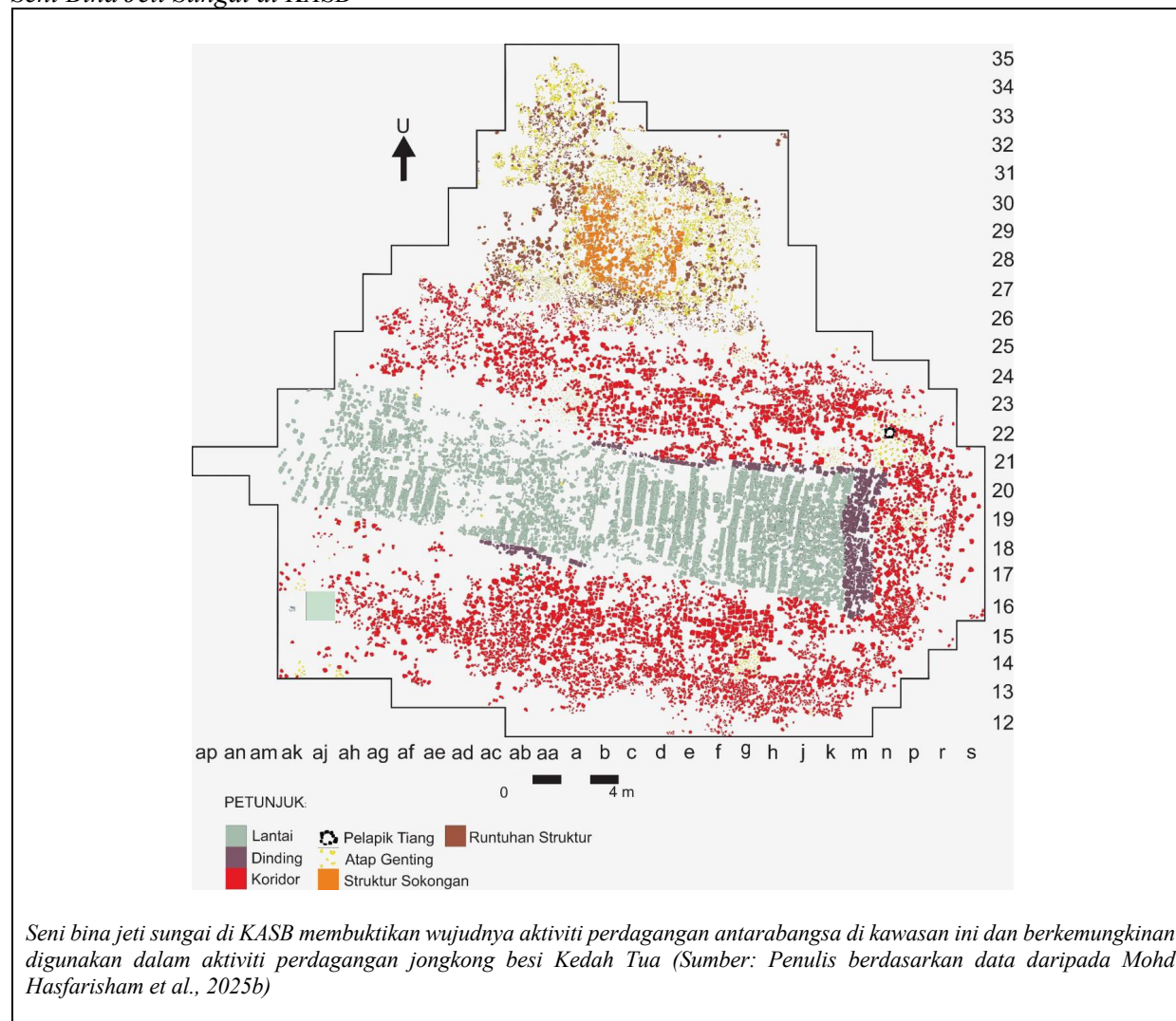
Kajian geofizik telah memainkan peranan penting dalam memetakan struktur bawah tanah dan mengesan aliran sungai purba di KASB. Naizatul Akma et al., (2022) mengaplikasikan pendekatan geofizik menggunakan kaedah magnetik dan kerintangan bumi untuk mengenal pasti anomali arkeologi yang berkaitan dengan aktiviti peleburan besi purba. Kajian ini berjaya mengesan kehadiran sanga besi dan struktur relau yang tertanam di bawah tanah, membolehkan penggalian arkeologi yang lebih tersasar. Rais et al. (2018) pula menggunakan kaedah pengimejan kerintangan 3-D untuk memvisualisasikan aliran Sungai Batu purba, mendedahkan bahawa sungai tersebut mengalir ke arah yang sama dengan sungai semasa, tetapi telah beralih ke timur akibat faktor pemendapan sedimen.

Penemuan struktur jeti sungai purba di KASB (Rajah 2) merupakan salah satu pencapaian arkeologi yang paling penting dalam dekad ini. Mohd Hasfarisham et al., (2025b) melaporkan penemuan 11 struktur jeti yang dibina sepenuhnya daripada bata, dengan tarikh pembinaan bermula seawal kurun keenam SM. Kajian seni bina jeti ini mendedahkan sistem pengurusan pelabuhan yang canggih dengan struktur yang direka terarah dan mencerun ke sungai bagi tujuan kemudahan perdagangan. Analisis XRD dan XRF terhadap sampel bata jeti menunjukkan penggunaan bahan mentah tempatan dan teknologi pembakaran

yang konsisten, mencadangkan kewujudan sistem pengeluaran bata yang standard (Mohd Hasfarisham et al., 2024a).

## Rajah 2

*Seni Bina Jeti Sungai di KASB*



Kajian budaya material, terutamanya analisis tembikar (Rajah 3) telah memberikan pandangan penting tentang rangkaian perdagangan dan interaksi budaya KASB. Mohd Hasfarisham & Mokhtar (2021) dan Mohd Hasfarisham et al., (2024a). menggunakan analisis XRD, XRF, dan SEM untuk mengkaji serpihan tembikar yang ditemui di KASB. Dapatan kajian membuktikan secara saintifik bahawa tembikar yang ditemui dihasilkan menggunakan bahan mentah tempatan dari sungai purba di kawasan tersebut dan dibakar pada suhu antara 550°C hingga 650°C. Kandungan plumbum (Pb) yang rendah dalam tembikar mengukuhkan tafsiran bahawa ia dihasilkan menggunakan bahan tempatan, berbeza dengan tembikar dari India yang mempunyai kandungan plumbum tinggi. Penemuan ini menunjukkan bahawa masyarakat KASB bukan sahaja terlibat dalam perdagangan jarak jauh tetapi juga mempunyai industri pembuatan tempatan yang canggih.

### Rajah 3

#### *Temuan tembikar di KASB*



*Temuan tembikar di KASB mendedahkan perkembangan kearifan tempatan dalam proses penghasilan tembikar bagi masyarakat Kedah Tua (Sumber: Penulis berdasarkan data daripada Mohd Hasfarisham & Mokhtar, 2021)*

Aspek teknologi metalurgi di KASB telah dikaji secara mendalam oleh beberapa penyelidik. Mohd Mokhtar (2019) mengkaji sumbangan seramik teknikal kepada pengeluaran peleburan besi di Sungai Batu, mendedahkan penggunaan bahan refraktori tempatan dalam pembinaan relau peleburan. Kajian eksperimen arkeologi yang dijalankan oleh Mohd Hasfarisham et al., (2023b) telah cuba mereplikasi proses peleburan besi purba menggunakan rekonstruksi relau berdasarkan bukti arkeologi. Eksperimen ini berjaya menghasilkan besi menggunakan bijih besi tempatan dan arang sebagai bahan api membuktikan kebolehlaksanaan teknologi yang digunakan oleh masyarakat purba.

Perkembangan terkini dalam kajian KASB menunjukkan peralihan ke arah aplikasi teknologi digital dalam arkeologi. Mohd Hasfarisham et al., (2024b) melaporkan penggunaan teknologi digital dalam menawarkan pakej pelancongan di tapak peleburan besi KASB, termasuk penggunaan realiti maya (VR) dan realiti terimbuh (AR) untuk visualisasi struktur purba. Kajian oleh Mohd Hasfarisham et al., (2024c) tentang evolusi "Kedah Tua" menggunakan analisis bentuk bandar di KASB menunjukkan bagaimana teknologi GIS dan analisis spasial boleh digunakan untuk memahami perkembangan bandar purba. Pendekatan ini membuka peluang baharu untuk mengintegrasikan data arkeologi dengan teknologi kontemporari untuk tujuan penyelidikan dan pengurusan warisan.

#### **Pendekatan Saintifik dalam Arkeologi Industri**

Kajian arkeologi kontemporari semakin bergantung kepada pendekatan saintifik multi-kaedah untuk memahami teknologi purba dan organisasi pengeluaran (Testolini et al., 2023). Analisis arkeometri yang menggabungkan teknik-teknik daripada kimia, fizik dan sains bahan telah menjadi alat penting dalam kajian tapak arkeologi industri. Dalam konteks KASB, tiga teknik analisis utama telah digunakan secara meluas iaitu XRD untuk analisis fasa mineral, XRF untuk analisis komposisi unsur dan SEM untuk analisis mikrostruktur.

Analisis XRD telah terbukti sangat berguna dalam mengenal pasti mineral tanah liat yang digunakan dalam pembuatan tembikar dan bata. Kajian oleh Mohd Hasfarisham et al., (2024a) mendedahkan kehadiran montmorillonite dan illite dalam sampel tembikar dan bata KASB telah mencadangkan penggunaan teknik pembakaran terbuka. Analisis XRF pula memberikan data kuantitatif tentang komposisi unsur, membolehkan penyelidik mengenal pasti sumber bahan mentah dan membezakan antara produk tempatan dan import. Analisis SEM memberikan maklumat terperinci tentang mikrostruktur bahan, termasuk saiz zarah, porositi dan bukti proses terma.

Kaedah geofizik telah merevolusikan cara penyelidikan mengenal pasti dan memetakan struktur arkeologi tanpa perlu melakukan penggalian yang merosakkan. Tiga kaedah utama yang digunakan di KASB ialah kaedah kerintangan bumi, kaedah magnetik, dan GPR (Mohd Mokhtar, 2019). Kaedah kerintangan bumi mengukur variasi dalam kerintangan elektrik tanah yang boleh mengesan kehadiran struktur batu bata, parit atau lapisan pemendapan. Kaedah magnetik mengesan anomali dalam medan magnet bumi yang disebabkan oleh kehadiran bahan feromagnetik seperti artifak besi atau struktur monumen. GPR menggunakan gelombang radar untuk menghasilkan imej bawah tanah dengan resolusi tinggi.

Pentarikan kronometrik merupakan aspek kritikal dalam arkeologi, membolehkan penyelidik menetapkan kronologi mutlak untuk aktiviti manusia purba. Dua kaedah utama yang digunakan di KASB ialah OSL dan radiokarbon. OSL mengukur masa sejak mineral kuarza atau feldspar terakhir terdedah kepada cahaya matahari menjadikannya sesuai untuk pentarikan sampel bata dan sedimen. Pentarikan radiokarbon pula mengukur pereputan isotop karbon-14 dalam bahan organik sesuai untuk pentarikan sampel arang, kayu dan bahan organik lain. Penggunaan kedua-dua kaedah secara selari membolehkan pengesahan silang hasil pentarikan dan meningkatkan keyakinan terhadap kronologi yang ditetapkan.

### **Rekonstruksi Sosio-Ekonomi Tamadun Maritim**

Rekonstruksi sosio-ekonomi tamadun maritim purba memerlukan integrasi data daripada pelbagai sumber termasuk bukti arkeologi, teks sejarah, analisis paleopersekitaran dan model ekonomi. Dalam konteks kerajaan maritim Asia Tenggara, terdapat beberapa kajian telah cuba merekonstruksi sistem ekonomi pelabuhan-pelabuhan purba dan peranan mereka dalam rangkaian perdagangan Lautan Hindi (Mohd Hasfarisham & Mokhtar, 2025c).

Konsep "negara pelabuhan" (port polity) telah digunakan secara meluas untuk memahami organisasi politik dan ekonomi pusat-pusat maritim di Asia Tenggara (Bellina, 2018). Model ini mencadangkan bahawa kuasa politik di kawasan ini berpusat di pelabuhan-pelabuhan yang mengawal perdagangan maritim berbanding dengan kerajaan agraria yang berpusat di pedalaman. KASB nampaknya bersesuaian dengan model negara pelabuhan ini dengan bukti infrastruktur pelabuhannya yang canggih ditambah dengan tahap pengeluaran komoditi eksport (jongkong besi) berskala besar.

Selain itu, kajian berkaitan perdagangan maritim purba di Lautan Hindi juga telah mendedahkan kewujudan rangkaian perdagangan yang kompleks yang menghubungkan Asia Tenggara dengan India, China, Timur Tengah, dan Rom. Md Salleh (2019) membincangkan navigasi Melayu dan perdagangan maritim melalui perspektif antropologi dan sejarah, menekankan peranan pelaut Melayu dalam memfasilitasi perdagangan jarak jauh. Bukti arkeologi daripada KASB terutamanya penemuan manik-manik kaca dari India, seramik dari China dan kaca dari Timur Tengah telah menyokong pandangan bahawa Kedah Tua merupakan nod penting dalam rangkaian perdagangan ini.

Maka berdasarkan kepada fakta berkenaan model rekonstruksi ekonomi amat perlu untuk diaplikasikan bagi menganggarkan skala industri dan perdagangan di Kedah Tua. Pendekatan ini biasanya melibatkan pengiraan kapasiti pengeluaran berdasarkan bilangan relau, anggaran output per relau dan tempoh masa operasi. Walau bagaimanapun, model sedemikian memerlukan data arkeologi yang terperinci dan andaian yang munasabah tentang parameter operasi. Setakat ini, tiada kajian yang telah membangunkan model kuantitatif yang komprehensif untuk industri besi KASB.

### **Pengurusan Warisan Arkeologi Kontemporari**

Pengurusan warisan arkeologi kontemporari melibatkan keseimbangan antara keperluan pemuliharaan, penyelidikan saintifik, pembangunan ekonomi dan penglibatan komuniti. Dalam konteks KASB, isu pengurusan warisan telah menjadi semakin penting setelah nilai keunggulan sejagat (NKS) didedahkan yang membolehkan usaha untuk mendapatkan pengiktirafan sebagai Tapak Warisan Dunia UNESCO dijalankan dengan lebih terperinci.

Kajian oleh Mohd Hasfarisham & Mokhtar (2026b) tentang proses pembangunan tapak-tapak KASB sebagai produk pelancongan warisan memberikan dokumentasi komprehensif tentang pelbagai peringkat pembangunan daripada ekskavasi arkeologi hingga kepada pembangunan infrastruktur pelancongan. Kajian ini memperkenalkan model pembangunan unik yang menggabungkan keperluan pemuliharaan arkeologi dengan pembangunan pelancongan yang mampan. Kerangka kerja yang diperkenalkan boleh menjadi rujukan untuk tapak arkeologi lain yang ingin membangunkan diri sebagai destinasi pelancongan warisan.

Konsep NKS ini merupakan kriteria utama untuk pengiktirafan Tapak Warisan Dunia UNESCO. Untuk KASB, NKSnya terletak pada beberapa aspek iaitu i) keberlangsungan dan kecanggihan teknologi industri metalurgi sejak kurun keenam SM; ii) seni bina jeti sungai yang lengkap, sistematik yang juga dibina seawal kurun keenam SM; iii) mendedahkan bukti pertama seni bina pengurusan pelabuhan di rantau ini dan iv) bukti perkembangan kepercayaan kepada keagamaan bagi masyarakat tamadun awal. Walau bagaimanapun, untuk membuktikan OUV ini secara meyakinkan, diperlukan sintesis data arkeologi yang komprehensif dan perbandingan dengan tapak-tapak serupa di peringkat global.

Bagi memastikan pembangunan pelancongan dilestarikan, maka penglibatan komuniti merupakan aspek penting untuk diberi keutamaan. Kajian tentang pembangunan pelancongan warisan di KASB menunjukkan bahawa penglibatan komuniti tempatan dalam aktiviti pelancongan dan pemuliharaan boleh meningkatkan kesedaran tentang kepentingan warisan dan menyediakan manfaat ekonomi kepada komuniti (Mohd Hasfarisham et al., 2025c). Walau bagaimanapun, terdapat cabaran dalam mengimbangi keperluan pembangunan ekonomi dengan pemuliharaan tapak arkeologi yang rapuh.

### **Jurang Penyelidikan dan Rasional Kajian**

Berdasarkan ulasan literatur yang komprehensif, beberapa jurang penyelidikan utama telah dikenal pasti yang memerlukan perhatian segera seperti:

- Kekurangan Integrasi Data Multi-Kaedah. Walaupun terdapat banyak kajian yang menggunakan pelbagai kaedah analisis (arkeometri, geofizik dan kronologi), namun masih tiada kajian yang mengintegrasikan data-data ini secara sistematik untuk menghasilkan pemahaman holistik tentang KASB. Kebanyakan kajian berfokus kepada aspek spesifik secara berasingan, menghasilkan korpus data yang kaya tetapi terfragmen.
- Ketiadaan Model Kuantitatif Rekonstruksi Sosio-Ekonomi juga merupakan jurang yang dikenalpasti. Walaupun terdapat banyak data tentang teknologi metalurgi dan struktur tapak, namun ketiadaan kajian yang telah membangunkan model kuantitatif yang menganggarkan skala pengeluaran besi, populasi pekerja dan impak ekonomi industri KASB menimbulkan jurang penyelidikan di kawasan ini. Model sedemikian adalah penting untuk memahami kepentingan ekonomi KASB dalam konteks serantau dan global.
- Selain itu, hubungan lemah antara penyelidikan arkeologi dan pengurusan warisan juga antara jurang yang perlu diselesaikan dengan kadar segera. Kebanyakan kajian pengurusan warisan di KASB tidak bersandarkan kepada bukti arkeologi yang kukuh, manakala kajian arkeologi pula

jarang membincangkan implikasi penemuan mereka untuk pengurusan warisan. Jurang ini menghalang pembangunan strategi pengurusan warisan yang berasaskan bukti.

- Kekurangan Analisis Komparatif Serantau dan Global turut didedahkan apabila kajian berkaitan trend penerbitan di KASB dijalankan.. Walaupun KASB sering didakwa sebagai pusat metalurgi terawal di Asia Tenggara, terdapat kekurangan analisis komparatif yang sistematik dengan tapak-tapak metalurgi purba lain di Asia Tenggara, Asia Selatan dan kawasan selainnya. Analisis komparatif sedemikian adalah penting untuk membuktikan NKS setiap tapak di KASB.

Oleh yang demikian, kajian ini direka untuk menangani jurang-jurang ini dengan membangunkan dan mengaplikasikan kerangka metodologi bersepadu yang menggabungkan analisis saintifik multi-kaedah dengan rekonstruksi sosio-ekonomi dan pengurusan warisan. Pendekatan transdisiplin ini dijangka menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang KASB dan menyediakan asas saintifik yang kukuh untuk pengurusan warisan di KASB itu sendiri.

## **METODOLOGI**

### **Reka Bentuk Kajian**

Kajian ini menggunakan reka bentuk penyelidikan kualitatif-kuantitatif campuran (mixed-methods) dengan pendekatan transdisiplin yang mengintegrasikan kaedah-kaedah daripada arkeologi, sains bahan, geofizik, analisis spasial dan kajian warisan. Reka bentuk kajian ini dipilih kerana ia membolehkan integrasi data daripada pelbagai sumber dan kaedah untuk menghasilkan pemahaman holistik tentang KASB.

Kajian ini adalah berbentuk analisis sekunder dan sintesis data di mana data utama diperoleh daripada penerbitan saintifik yang telah diterbitkan, laporan arkeologi dan pangkalan data geospasial. Pendekatan ini sesuai untuk kajian ini kerana terdapat korpus data yang kaya daripada kajian-kajian terdahulu yang belum disintesis secara sistematik. Kajian ini tidak melibatkan pengumpulan data primer baharu melalui penggalian arkeologi atau analisis makmal, tetapi sebaliknya memberi tumpuan kepada integrasi dan analisis semula data sedia ada menggunakan kerangka metodologi baharu.

### **Sumber Data dan Sampel Kajian**

Sumber data utama kajian ini terdiri daripada 24 penerbitan saintifik berkaitan KASB yang diterbitkan antara 2021 hingga 2026 (Lihat Lampiran 1). Penerbitan-penerbitan ini dikenal pasti melalui carian sistematik dalam pangkalan data akademik (Scopus, Web of Science, DOAJ dan Google Scholar) menggunakan kata kunci "Sungai Batu", "Bujang Valley", "Kedah Tua", "ancient iron smelting" dan kombinasi kata kunci berkaitan. Kriteria pemilihan penerbitan termasuklah i) fokus utama atau sebahagian besar kandungan berkaitan KASB, ii) ianya diterbitkan dalam jurnal akademik yang disemak rakan sebaya atau prosiding persidangan yang bereputasi dan iii) mengandungi data empirikal atau analisis yang boleh digunakan untuk sintesis.

Penerbitan tersebut telah dijalankan analisis mendalam berdasarkan kriteria relevansi, kualiti metodologi dan sumbangan kepada pemahaman aspek-aspek utama KASB seperti teknologi metalurgi, kronologi, struktur tapak, perdagangan maritime dan pengurusan warisan. Penerbitan-penerbitan ini merangkumi pelbagai jenis kajian seperti analisis arkeometri (XRD, XRF, SEM), pentarikhan kronometrik (OSL, radiokarbon), ekskavasi arkeologi, analisis spasial dan kajian pengurusan warisan.

### **Kaedah Analisis Data**

Kajian ini menggunakan beberapa kaedah analisis data yang berbeza, disesuaikan dengan jenis data dan objektif analisis yang dapat diklasifikasikan seperti berikut:

- **Analisis Kandungan Sistematis:** Kesemua 24 penerbitan terpilih dianalisis secara sistematik menggunakan protokol pengekstrakan data yang terstruktur. Bagi setiap penerbitan maklumat berikut telah diekstrak bagi memperluaskan kajian iaitu i) metodologi penyelidikan yang digunakan; ii) dapatan utama dan sumbangan asal; iii) data kuantitatif (contohnya, hasil analisis XRF, pentarikhan dan seni bina monumen), iv) jurang penyelidikan dan batasan yang dikenal pasti dan v) implikasi untuk pemahaman KASB secara keseluruhan. Data yang diekstrak dikodkan dan diorganisasikan dalam pangkalan data untuk memudahkan analisis sintesis.
- **Sintesis Meta-Analitik:** Data kuantitatif daripada pelbagai kajian arkeometri disintesis untuk mengenal pasti corak dan trend penerbitannya. Sebagai contoh, data komposisi unsur daripada analisis XRF terhadap tembikar dan bata daripada pelbagai kajian digabungkan untuk mengenal pasti variasi dalam sumber bahan mentah dan teknologi pembuatan. Data pentarikhan OSL dan radiokarbon daripada pelbagai tapak digabungkan untuk membina kronologi komprehensif perkembangan KASB.
- **Analisis Spasial GIS:** Data lokasi tapak arkeologi, struktur jeti, tapak peleburan besi dan ciri-ciri geografi (sungai purba dan garis pantai purba) diintegrasikan dalam sistem GIS. Analisis spasial dijalankan untuk mengenal pasti corak penempatan, hubungan antara tapak-tapak yang berbeza dan evolusi spasial KASB dari masa ke masa. Analisis jarak dan aksesibiliti digunakan untuk memahami rangkaian perhubungan antara tapak pengeluaran, kawasan pentadbiran dan infrastruktur pelabuhan.
- **Pemodelan Kuantitatif:** Model kuantitatif dibangunkan untuk menganggarkan skala pengeluaran besi, populasi pekerja dan impak ekonomi industri KASB. Model ini berdasarkan kepada data arkeologi (bilangan dan saiz relau serta jumlah sisa besi) dan andaian yang munasabah tentang parameter operasi (kapasiti pengeluaran per relau, tempoh operasi dan nisbah pekerja kepada relau). Analisis sensitiviti dijalankan untuk menilai bagaimana variasi dalam andaian mempengaruhi anggaran.

### **Kerangka Integrasi Multi-Kaedah**

Kerangka integrasi multi-kaedah yang dibangunkan dalam kajian ini terdiri daripada empat peringkat utama yang dapat diklasifikasi seperti berikut:

#### ***Peringkat 1***

(Pengumpulan dan Penyeragaman Data): Data daripada pelbagai sumber dan kajian dikumpulkan dan diseragamkan ke dalam format yang konsisten. Ini melibatkan penukaran unit pengukuran, penyeragaman terminologi dan penyelarasan sistem koordinat geografi.

#### ***Peringkat 2***

(Analisis Intra-Kaedah): Analisis mendalam dijalankan untuk setiap jenis data secara berasingan. Contohnya, data arkeometri dianalisis untuk memahami teknologi pembuatan, data geofizik dianalisis untuk memetakan struktur bawah tanah manakala data kronologi dianalisis untuk membina urutan temporal. Peringkat ini menghasilkan pemahaman yang mendalam tentang setiap aspek KASB.

#### ***Peringkat 3***

(Integrasi Antara-Kaedah): Data dan dapatan daripada analisis intra-kaedah diintegrasikan untuk mengenal pasti hubungan dan corak yang tidak dapat dilihat melalui analisis tunggal. Contohnya, data kronologi diintegrasikan dengan data geofizik dan arkeologi untuk memahami evolusi spasial dan temporal KASB. Data arkeometri diintegrasikan dengan data perdagangan untuk memahami rangkaian ekonomi.

#### **Peringkat 4**

(Sintesis Holistik dan Rekonstruksi): Berdasarkan integrasi data multi-kaedah, rekonstruksi holistik tentang sistem sosio-ekonomi KASB dibangunkan. Ini melibatkan pembinaan model konseptual yang menggambarkan bagaimana pelbagai komponen sistem seperti pengeluaran besi, perdagangan maritim, organisasi sosial dan infrastruktur pelabuhan berfungsi sebagai satu entiti yang bersepadu. Model ini kemudiannya digunakan untuk menjana implikasi untuk pengurusan warisan.

## **HASIL KAJIAN**

### **Sintesis Analisis Saintifik Bahan Arkeologi**

Sintesis data arkeometri daripada 24 kajian terpilih mendedahkan corak penting tentang teknologi pembuatan dan sumber bahan mentah di KASB. Analisis XRD, XRF dan SEM terhadap tembikar, bata dan sisa besi telah menghasilkan bukti konklusif tentang penggunaan bahan mentah tempatan dan penguasaan teknologi pembakaran dan peleburan yang canggih (Mohd Hasfarisham et al., 2023c: 2024a).

Analisis XRD terhadap serpihan tembikar membuktikan bahawa tembikar, bata dan atap genting dihasilkan menggunakan bahan asas tempatan dengan menggunakan sumber tanah liat dari kawasan sekitar KASB. Analisis saintifik yang dijalankan juga menunjukkan mikrostruktur yang konsisten dengan pembakaran pada suhu antara 550°C hingga 650°C yang sesuai dengan penggunaan teknik pembakaran terbuka. Analisis warna menggunakan Munsell Soil Color Charts menunjukkan pembakaran artifak berkenaan berlaku pada suhu optimum yang membolehkan pengoksidaan terjadi dengan sempurna.

Analisis sisa besi menggunakan XRD, XRF dan SEM memberikan pandangan terperinci tentang proses peleburan besi di KASB. Komposisi kimia sisa besi menunjukkan kandungan besi oksida yang rendah (kurang daripada 10%), mencadangkan proses peleburan yang efisien (Naizatul Akma, 2019). Kehadiran mineral fayalite dan wustite dalam sisa besi pula menunjukkan suhu peleburan yang berlaku adalah antara 1,100°C hingga 1,200°C, yang konsisten dengan teknologi peleburan besi bloomery.

Kajian oleh Naizatul Akma (2019) dan Naizatul Akma & Mokhtar (2020) tentang sumbangan seramik teknikal kepada pengeluaran peleburan besi mendedahkan penggunaan bahan refraktori tempatan dalam pembinaan relau peleburan. Analisis XRD menunjukkan kehadiran mineral seperti kaolinit dan kuarza yang mempunyai sifat refraktori yang baik, mampu menahan suhu tinggi tanpa meleleh atau retak. Penggunaan bahan refraktori tempatan menunjukkan pemahaman mendalam tentang sifat bahan dan keupayaan untuk memilih bahan yang sesuai untuk aplikasi spesifik.

Sintesis data arkeometri ini memberikan beberapa implikasi penting. Pertamanya, ia membuktikan bahawa masyarakat KASB mempunyai akses kepada sumber bahan mentah tempatan yang mencukupi dan berkualiti tinggi untuk menyokong industri pembuatan dan metalurgi berskala besar. Kedua, ia menunjukkan penguasaan teknologi yang canggih, termasuk kawalan suhu yang tepat dalam peleburan besi yang mempunyai standardisasi industri. Ketiganya, data ini telah menyokong tafsiran bahawa KASB merupakan pusat pengeluaran besi dan perdagangan utama bukan sekadar nod perdagangan dengan industri jongsong besi tempatan yang maju.

### **Rekonstruksi Spasial dan Kronologi Tapak**

Integrasi data geofizik, kronologi dan arkeologi membolehkan rekonstruksi evolusi spasial dan temporal KASB yang komprehensif disediakan. Analisis ini mendedahkan fasa utama perkembangan KASB sejak kurun keenam SM. Sejak kurun keenam SM tapak peleburan besi SB2H dan tapak jeti SB2D yang berada

di bahagian selatan KASB telah memulakan proses guna kawasan di kawasan ini dan menjadikan Kedah Tua sebagai pusat industri peleburan besi terawal di Asia Tenggara (Mohd Hasfarisham et al., 2024c). Bermula daripada tapak ini perkembangan kerajaan Kedah Tua sebagai pusat tumpuan perdagangan bermula yang akhirnya menjadikannya sebagai sebuah pelabuhan tumpuan pada jangka masa berkenaan.

Menjelang kurun kedua Masihi didapati industri peleburan besi di KASB berkembang lebih pesat dengan bengkel-bengkel peleburan besi mula didirikan di kawasan ini sehingga kurun ke-17 Masihi (M) (Naizatul Akma, 2019). Analisis spasial yang dijalankan juga jelas menunjukkan bahawa tapak-tapak peleburan besi di KASB terletak di kawasan yang berhampiran dengan sumber bijih besi dan mempunyai akses kepada sungai untuk tujuan pengangkutan bahan asas peleburan besi (Rujuk Peta 1) (Mohd Hasfarisham et al., 2023c).

Penggunaan optimum KASB sebagai kawasan industri dan perdagangan juga lebih jelas kelihatan yang menyaksikan pertambahan pesat industri besi dan pembinaan infrastruktur pelabuhan dan pengurusan pelabuhan yang canggih. Pentarikan OSL terhadap sampel bata dari struktur jeti memberikan tarikh antara keenam SM manakala pengurusan pelabuhan pula antara kurun kelima SM menunjukkan perkembangan positif KASB dalam proses perkembangan sebuah tamadun berasaskan perdagangan industri besi di rantau Asia Tenggara.

Analisis distribusi spasial menunjukkan pembahagian kawasan yang jelas antara zon pengeluaran (tapak peleburan besi), zon pentadbiran (bangunan pentadbiran dan monumen ritual dan Buddha) dan zon pelabuhan dan pengurusan (struktur jeti dan pengurusan pelabuhan). Malah sistem jalan darat di KASB dan laluan air dapat menghubungkan pelbagai zon ini yang membolehkan pergerakan bahan mentah, produk siap dan tenaga kerja yang efisien.

Pemetaan yang dijalankan di kawasan ini turut mendedahkan corak perhubungan yang kompleks antara pelbagai komponen tapak di KASB. Analisis jarak menunjukkan bahawa tapak peleburan besi terletak dalam radius 10 hingga 50 meter dari struktur jeti. Jarak ini cukup dekat untuk memudahkan pengangkutan jongkong besi yang merancakkan lagi aktiviti perdagangan. Analisis aksesibiliti juga menunjukkan bahawa semua tapak peleburan besi berdekatan kepada akses air (sungai) yang memudahkan proses pengangkutan bijih besi dan arang ke bengkel berkenaan. Malah monumen pengurusan pelabuhan dibina di bahagian belakang pelabuhan yang secara khas mampu menyediakan sistem pengurusan yang cekap dan efisien.

Selain itu, integrasi data geofizik dan geologi membolehkan rekonstruksi persekitaran purba di kawasan KASB ditentukan (Mokhtar et al., 2011). Kajian kerintangan bumi 3-D oleh Rais et al., (2018) berjaya memvisualisasikan aliran Sungai Batu purba yang menunjukkan bahawa sungai mempunyai kedalaman dan kelebaran yang sesuai untuk pelayaran kapal perdagangan. Analisis sedimen dari penggerudian dalam turut menunjukkan perubahan dalam proses sedimentasi dari masa ke masa yang mungkin menyumbang secara signifikan kepada peranan kawasan pelabuhan utama ke Sungai Mas, Simpor Tambang, Kampung Sireh dan Pengkalan Bujang selepas itu (Allen, 1988).

### **Model Rekonstruksi Sosio-Ekonomi**

Berdasarkan integrasi data arkeologi, arkeometri dan kronologi, model kuantitatif rekonstruksi sosio-ekonomi telah dibangunkan untuk menganggarkan skala pengeluaran besi, populasi pekerja dan impak ekonomi industri di KASB. Oleh yang demikian, model yang dicadangkan ini merupakan anggaran (estimasi) yang dibangunkan berdasarkan data arkeologi terkini dan bukannya angka mutlak yang tidak boleh berubah. Sebarang perubahan pada model tersebut tertakluk kepada semakan semula seiring dengan penemuan arkeologi terbaru pada masa hadapan.

Berdasarkan bukti arkeologi, dianggarkan bahawa pada kemuncak aktiviti bermula selepas kurun kedua Masihi yang mendedahkan banyak pentarikahan kronometrik dicatatkan bagi tapak industri besi, jeti dan pengurusan pelabuhan. Umumnya tapak bengkel peleburan besi di KASB mendedahkan antara dua hingga tiga penemuan relau bagi setiap tapak (Naizatul Akma, 2019) mendedahkan jumlah pengeluaran jongkong besi yang baik untuk memenuhi keperluan permintaan jongkong besi bagi tamadun awal dunia. Malah bagi membolehkan aktiviti peleburan dilakukan dengan baik, jumlah tenaga kerja yang ramai diperlukan bagi setiap kali proses peleburan berlangsung (termasuk tukang besi, pembantu dan pengangkut). Ini menunjukkan kebanyakan masyarakat Kedah Tua telah bersama-sama memainkan peranan aktif sebagai pandai besi yang membantu perkembangan kerajaan Kedah Tua sebagai pusat industri besi.

Berdasarkan sumber sejarah tentang perdagangan di Lautan Hindi, besi merupakan komoditi bernilai tinggi yang diperdagangkan (Dimucci, 2015). Dengan anggaran pengeluaran eksport berdasarkan kepada kewujudan 17 bengkel industri besi yang bermula sejak kurun keenam SM hingga 17 M telah menjadikan Kedah Tua sebagai salah satu pusat ekonomi paling penting di Asia Tenggara pada zamannya. Perdagangan besi ini membolehkan KASB menjadikan komoditi mewah seperti manik-manik kaca dari India, kaca dari Timur Tengah dan seramik dari China dan rempah dari kepulauan Nusantara sebagai komoditi pertukaran dan perdagangan di kawasan ini (Mohd Hasfarisham, 2019).

Perkembangan industri besi dan perdagangan di KASB juga mencadangkan kewujudan organisasi sosial dan politik yang kompleks dan teratus diaplikasikan di kawasan ini. Dengan adanya 18 tapak peleburan besi, 11 struktur jeti, dan 18 pengurusan pelabuhan memerlukan koordinasi yang rapi, pembahagian kerja yang jelas dan sistem pengurusan yang efektif. Kehadiran monumen ritual mencadangkan peranan penting agama atau ideologi dalam melegitimkan kuasa politik dan mengorganisasi masyarakat. Model organisasi yang paling mungkin ialah sistem negara pelabuhan (port polity) di mana kuasa politik berpusat pada elit yang mengawal perdagangan maritim dan pengeluaran komoditi eksport (Glahn, 2020). Elit ini mungkin terdiri daripada pedagang-pedagang kaya, tukang besi mahir dan pemimpin agama yang bekerjasama untuk menguruskan ekonomi pelabuhan.

Selain itu, bukti arkeologi juga menunjukkan bahawa KASB merupakan nod penting dalam rangkaian perdagangan maritim yang menghubungkan Asia Tenggara dengan India, Timur Tengah dan Eropah. Penemuan manik-manik kaca dari India, tembikar dari China dan Eropah, kaca dari Timur Tengah menunjukkan bahawa KASB terlibat dalam perdagangan jarak jauh. Jongkong besi dari KASB mungkin dieksport ke India dan Timur Tengah untuk digunakan dalam pembuatan senjata dan alat manakala komoditi mewah diimport untuk kegunaan elit tempatan. Lokasi strategik KASB di Selat Melaka telah membuka laluan maritim utama antara Lautan Hindi dan Laut China Selatan yang memberikan kelebihan geografi yang penting untuk perdagangan.

### **Implikasi untuk Pengurusan Warisan**

Dapatan kajian ini mempunyai implikasi penting untuk pengurusan warisan KASB terutamanya dalam konteks usaha untuk mendapatkan pengiktirafan sebagai Tapak Warisan Dunia UNESCO dan pembangunan plancongan warisan yang mampan pada masa hadapan.

Sintesis data multi-kaedah dalam kajian ini menyediakan bukti kukuh untuk NKS bagi tapak kajian di KASB dalam beberapa aspek. NKS ini telah membuktikan kerajaan Kedah Tua telah memulakan aktiviti arkeometalurgi yang berjaya bagi perkembangan tamadun di rantau Asia Tenggara. KASB mendedahkan lokasi permulaan kepada perkembangan industri peleburan besi di rantau ini yang diuruskan sepenuhnya oleh masyarakat tempatan Kedah Tua (Naizatul Akma, 2019). Keduanya KASB turut mendedahkan bukti

seni bina jeti terlengkap yang dibina secara optimum di persekitaran sebuah sungai yang menunjukkan intensitinya untuk menampung operasi perdagangan. Malah penemuan pengurusan pelabuhannya juga satu-satunya ditemukan bagi tamadun awal dunia secara lengkap yang digunakan sebagai alat urus pentadbiran bagi aktiviti perdagangan (Mohd Hasfarisham, 2019).

Bagi memperlengkapkan masyarakat bertamadun, di KASB turut merekodkan penemuan struktur ritual dan keagamaan Buddha yang digunakan oleh masyarakat industri besi. Penemuan tersebut juga menjadi bukti kepada perkembangan kepercayaan dan keagamaan bagi masyarakat Kedah Tua (Zolkurnian, 2018) yang sehingga kini belum direkodkan temuan seumpamanya di kawasan selainnya. Ini menjadikan NKS kajian arkeologi di KASB adalah sangat istimewa dan perlu dipelihara sebagai tapak warisan dunia UNESCO.

Oleh yang demikian, model rekonstruksi sosio-ekonomi yang dibangunkan dalam kajian ini menyediakan asas untuk pembangunan produk pelancongan warisan yang autentik dan berasaskan bukti. Pemahaman tentang proses peleburan besi membolehkan pembangunan demonstrasi eksperimen arkeologi yang menarik dan mendidik seperti yang telah dimulakan oleh Mohd Hasfarisham et al., (2023a). Hands-on demonstrasi metalurgi di KASB boleh diaplikasikan di kawasan galeri budaya hidup dan pada masa yang sama boleh diterjemahkan dalam bentuk pameran interaktif dan program pendidikan. Penggunaan teknologi digital seperti realiti maya (VR) dan realiti terimbuh (AR) pula membolehkan pelancong KASB memahami naratif pensejarahan Kedah Tua menerusi paparan visualisasi yang mampu memaksimumkan pengalaman pelancongan ke tapak warisan (Mohd Hasfarisham et al., 2024b).

Kajian ini turut menekankan kepentingan penglibatan komuniti tempatan dalam pengurusan warisan dan pembangunan pelancongan. Komuniti tempatan boleh memainkan peranan penting sebagai penjaga warisan, pemandu pelancong dan pengusaha perniagaan pelancongan. Program latihan dan pembangunan kapasiti diperlukan untuk memastikan komuniti tempatan mempunyai kemahiran dan pengetahuan yang diperlukan untuk terlibat secara bermakna (Mohd Hasfarisham & Mokhtar, 2026b) dan memastikan komuniti tidak dipinggirkan dalam pembangunan pelancongan. Oleh yang demikian, pembangunan pelancongan warisan perlu dirancang dengan teliti untuk memastikan manfaat ekonomi diagihkan secara saksama kepada komuniti tempatan dan tidak menyebabkan kerosakan kepada tapak arkeologi atau gangguan kepada kehidupan komuniti.

Berdasarkan kepada fakta berkenaan, maka kerangka pengurusan bersepadu yang dicadangkan telah mengintegrasikan empat komponen utama iaitu i) pemuliharaan arkeologi berasaskan bukti saintifik, ii) penyelidikan berterusan untuk mengisi jurang pengetahuan, iii) pembangunan pelancongan warisan yang mampan dan autentik dan iv) penglibatan komuniti yang bermakna. Kerangka ini memerlukan kerjasama erat antara pelbagai pihak berkepentingan, termasuk agensi kerajaan (Kerajaan Negeri Kedah, Bahagian Perancangan Ekonomi Negeri Kedah, Jerai Geopark, Majlis Perbandaran Sungai Petani, Kedah, Jabatan Warisan Negara dan Jabatan Muzium Malaysia), institusi penyelidikan (universiti), sektor swasta (pengusaha pelancongan) dan komuniti tempatan. Mekanisme koordinasi yang efektif dan perkongsian sumber diperlukan untuk melaksanakan kerangka ini dengan jayanya.

## PERBINCANGAN

### **Rekonstruksi Teknologi Metalurgi dan Masyarakat Pandai Besi: Implikasi Terhadap Pemahaman Kerajaan Awal Asia Tenggara**

Analisis arkeometalurgi yang komprehensif terhadap 17 tapak peleburan besi di KASB telah mendedahkan tahap kecanggihan teknologi yang mencabar naratif konvensional tentang perkembangan teknologi peleburan besi di Asia Tenggara. Keupayaan masyarakat Kedah Tua untuk menghasilkan besi berkualiti tinggi sejak kurun ke-6 SM, seperti yang dibuktikan melalui analisis XRD dan SEM (Mohd Hasfarisham et al., 2024a) menunjukkan bahawa transfer teknologi dari India atau China berlaku lebih awal dan lebih canggih daripada yang dianggap sebelum ini. Penemuan ini menyokong hipotesis bahawa Kedah Tua bukan sekadar penerima pasif teknologi asing tetapi merupakan pusat inovasi dan adaptasi teknologi yang aktif.

Walaupun bagaimanapun, beberapa persoalan kritikal masih belum terjawab sepenuhnya. Pertama, walaupun kajian telah mengenal pasti kehadiran teknologi peleburan yang canggih, mekanisme spesifik transfer teknologi dan identiti kumpulan pandai besi ini masih kabur. Kajian arkeologi sehingga kini masih belum merekodkan penemuan rangka manusia di KASB yang boleh memperkukuhkan siapa masyarakat pelebur besi di KASB. Analisis DNA purba dan kajian isotop strontium terhadap rangka manusia dari KASB amat penting untuk menjawab persoalan ini pada masa hadapan.

### **Rangkaian Ekonomi Maritim: Kedudukan Kedah Tua dalam Sistem Perdagangan Awal**

Penemuan 11 struktur jeti sungai purba dan 18 struktur pengurusan pelabuhan di KASB memberikan bukti kukuh tentang peranan Kedah Tua sebagai nod penting dalam rangkaian perdagangan maritim purba yang menghubungkan India, China dan Asia Tenggara (Mohd Hasfarisham et al., 2025b). Analisis artifak asing seperti manik, seramik China dan kaca yang ditemui di KASB menunjukkan bahawa Kedah Tua terlibat secara aktif dalam perdagangan jarak jauh.

Namun, interpretasi tentang sifat dan skala perdagangan ini perlu dilakukan dengan lebih solid. Pertama, kehadiran artifak import tidak semestinya menunjukkan perdagangan langsung. Ini kerana ada kemungkinan artifak tersebut mungkin sampai ke KASB melalui perantaraan beberapa pelabuhan. Selain itu, analisis geokimia terhadap manik, seramik China dan kaca adalah perlu untuk mengenal pasti sumber asalan artifak berkenaan. Kedua, walaupun struktur jeti dan pelabuhan menunjukkan infrastruktur perdagangan yang canggih, bukti arkeologi di Kedah Tua sehingga kini belum merekodkan jenis kapal yang digunakan, organisasi perdagangan dan mekanisme pertukaran ekonomi. Jurang penyelidikan ini menjadi kata kunci utama untuk dilengkapkan menerusi kajian multidisiplin pada masa hadapan.

Satu aspek yang sangat menarik tetapi kurang dibincangkan dalam penyelidikan di KASB adalah hubungan antara pengeluaran besi dan perdagangan maritim. Adakah besi merupakan komoditi eksport utama Kedah Tua atau ada kapasiti eksport selainnya digunakan secara komprehensif sebagai produk perdagangan Kedah Tua di KASB selain produk besi. Analisis ekonomi yang lebih mendalam tentang komoditi eksport di KASB ini amat diperlukan untuk memahami dinamik ekonomi sebenar yang berlangsung di Kedah Tua khususnya.

### **Implikasi Terhadap Pengurusan Warisan dan Pengiktirafan UNESCO**

Kajian ini telah menyediakan asas saintifik yang kukuh untuk menyokong usaha pengiktirafan KASB sebagai Tapak Warisan Dunia UNESCO. Integrasi data multi-kaedah telah menghasilkan dokumentasi yang komprehensif tentang NKS di KASB terutamanya dari aspek:

- KASB memberikan bukti unik tentang tradisi budaya, peradaban dan tamadun Kerajaan Kedah Tua yang telah hilang, terutamanya dalam teknologi metalurgi dan perdagangan maritime (kriteria [iii]) dan
- Kompleks perindustrian dan pelabuhan di KASB merupakan contoh luar biasa jenis bangunan dan kompleks teknologi yang menggambarkan peringkat penting dalam sejarah manusia, iaitu perkembangan awal perindustrian besi dan perdagangan maritim di Asia Tenggara (kriteria [iv]).

Namun, beberapa cabaran kritikal perlu ditangani untuk memastikan kejayaan pencalonan UNESCO. Pertama, isu keaslian (authenticity) dan integriti (integrity) tapak perlu diurus dengan berhati-hati. Strategi pemuliharaan jangka panjang perlu dibangunkan dengan mengambil kira ancaman seperti hakisan, pertumbuhan vegetasi dan tekanan pembangunan. Selain itu, penglibatan komuniti tempatan dalam pengurusan warisan walaupun ada tetapi masih terhad dan perlu dipertingkatkan.

Salah satu aspek yang perlu diberi perhatian serius adalah keseimbangan antara pemuliharaan dan pembangunan pelancongan. Walaupun kajian telah mencadangkan model pembangunan pelancongan warisan yang mampan, terdapat risiko bahawa tekanan pelancongan boleh menjejaskan integriti tapak jika tidak diurus dengan baik. Pengalaman dari tapak warisan dunia lain menunjukkan bahawa peningkatan pelawat boleh membawa kepada hakisan fizikal, pencemaran dan perubahan konteks sosial (Baloch et al., 2022). Oleh itu, sistem pemantauan yang ketat dan had kapasiti pelawat perlu diwujudkan dari awal perancangan pelancongannya.

Selain daripada implikasi pemuliharaan dan pelancongan, kajian ini turut menekankan impak sosial yang nyata kepada penduduk setempat pada hari ini. Kehadiran KASB sebagai tapak warisan arkeologi yang diiktiraf telah memberi kesan langsung kepada identiti budaya dan kebanggaan komuniti tempatan di Lembah Bujang, Kedah. Penduduk setempat, terutamanya generasi muda, kini berpeluang untuk mengenali dan menghayati warisan leluhur mereka sebagai sebahagian daripada tamadun terawal Asia Tenggara. Dari sudut ekonomi, pembangunan industri pelancongan warisan berasaskan KASB berpotensi menjana peluang pekerjaan tempatan dalam sektor panduan pelancongan, kraftangan tradisional, perkhidmatan makanan dan penginapan serta pengusahaan produk warisan (Mohd hasfarisham et al., 2025c).

Ini secara langsung meningkatkan taraf sosioekonomi komuniti setempat dan mengurangkan kebergantungan kepada sektor ekonomi lain. Di samping itu, program penglibatan komuniti dalam penyelidikan arkeologi dan pengurusan warisan memberi peluang kepada penduduk tempatan untuk berperanan sebagai penjaga warisan (*heritage guardians*) yang aktif, bukan sekadar pemerhati pasif. Impak sosial ini perlu diperkukuhkan melalui dasar dan program yang lebih terancang dan inklusif bagi memastikan komuniti tempatan menjadi penerima manfaat utama dalam pembangunan warisan KASB.

### **Sumbangan Teori: Ke Arah Kerangka Arkeologi Industri Maritim**

Salah satu sumbangan teori yang paling penting kajian ini adalah pembangunan kerangka konseptual baharu untuk "arkeologi industri maritim" yang mengintegrasikan tiga dimensi yang biasanya dikaji secara berasingan: teknologi perindustrian (metalurgi) (Naizatul Akma, 2019), ekonomi maritim (perdagangan pelabuhan) (Mohd Hasfarisham, 2019) dan organisasi sosio-politik (struktur kuasa dan ritual) (Allen, 1988). Kerangka ini mencabar dikotomi tradisional antara arkeologi industri (yang biasanya memberi tumpuan kepada teknologi pengeluaran) dan arkeologi maritim (yang memberi tumpuan kepada perdagangan dan pelayaran).

Kajian ini menunjukkan bahawa dalam konteks kerajaan maritim awal seperti Kedah Tua, ketiga-tiga dimensi ini saling berkait rapat dan tidak boleh difahami secara berasingan. Pengeluaran besi tidak boleh difahami tanpa memahami permintaan perdagangan maritime. Perdagangan maritim pula tidak boleh difahami tanpa memahami infrastruktur pelabuhan dan organisasi politik dan organisasi politik tidak boleh difahami tanpa memahami sumber ekonomi dari perindustrian dan perdagangan.

Kerangka arkeologi industri maritim ini mempunyai implikasi yang lebih luas untuk kajian kerajaan awal di Asia Tenggara dan rantau lain. Ia mencadangkan bahawa kajian sedia ada perlu meneliti naratif konvensional tentang perkembangan kerajaan yang sering memberi tumpuan kepada aspek politik dan keagamaan sambil mengabaikan asas ekonomi dan teknologi. Kerangka ini juga menekankan kepentingan pendekatan transdisiplin yang mengintegrasikan sains arkeologi, sejarah ekonomi dan antropologi politik.

### **Perbandingan Serantau: Kedudukan KASB dalam Konteks Asia Tenggara**

Untuk memahami kepentingan sebenar naratif pensejarahan Kedah Tua di KASB, adalah penting untuk meletakkannya dalam konteks serantau dengan membandingkannya dengan tapak kontemporari selainnya di Asia Tenggara. Kajian perbandingan tersebut seharusnya meliputi kajian ke atas beberapa tapak yang relevan di Asia Tenggara seperti:

- Oc Eo (Vietnam) yang dicadangkan fungsinya sebagai sebuah pusat perdagangan Funan yang berkembang pada kurun pertama hingga ketujuh M yang juga menunjukkan bukti perdagangan maritim yang ekstensif dengan India dan China (Thang et al., 2025).
- Khao Sam Kaeo (Thailand): Tapak perindustrian manik-manik dan perdagangan yang bertarikh kurun ke-4 hingga ke-2 SM yang menunjukkan hubungan awal dengan India (Murillo-Barroso et al., 2010).
- Sembiran (Bali, Indonesia): Tapak perdagangan yang menunjukkan bukti hubungan dengan India sejak kurun ke-1 SM (Ardika et al., 1997).

Perbandingan dengan tapak-tapak ini mendedahkan beberapa ciri unik KASB. Pertamanya, KASB menunjukkan gabungan yang jarang ditemui antara perindustrian besi berskala besar dan perdagangan maritim dalam satu kompleks yang berkeluasan sekitar 4km<sup>2</sup>. Kebanyakan tapak lain sama ada merupakan pusat perindustrian atau pusat perdagangan, tetapi sukar merekodkan kedua-dua bukti dalam sesebuah tapak arkeologi. Kedua, kronologi KASB yang bermula sejak kurun keenam SM menjadikannya antara tapak terawal yang menunjukkan integrasi ekonomi dengan rangkaian perdagangan Samudera Hindi. Ketiga, skala dan kecanggihan infrastruktur perdagangan di KASB (11 jeti dan 18 pengurusan pelabuhan) menunjukkan tahap organisasi yang lebih tinggi berbanding kebanyakan tapak kontemporari selainnya di Asia Tenggara.

### **KESIMPULAN**

Kajian ini telah berjaya mencapai objektif utamanya untuk membangunkan kerangka metodologi bersepadu yang menggabungkan analisis saintifik multi-kaedah, pemetaan geofizik dan kronologi mutlak untuk merekonstruksi kompleksiti sosio-ekonomi kerajaan Kedah Tua melalui kajian kes di KASB. Kajian ini telah mendemonstrasikan nilai pendekatan transdisiplin dalam arkeologi dengan menunjukkan bagaimana integrasi data dari pelbagai kaedah saintifik dapat menghasilkan pemahaman holistik yang tidak mungkin dicapai melalui pendekatan tunggal. Selain itu, kajian ini telah menyumbang kepada pembangunan kerangka teori baharu dalam "arkeologi industri maritim" yang mengintegrasikan tiga dimensi yang biasanya dikaji secara berasingan: teknologi perindustrian, ekonomi maritim dan organisasi

sosio-politik. Kerangka konseptual ini mempunyai implikasi yang lebih luas untuk kajian kerajaan awal di Asia Tenggara dan rantau lain. Kajian ini telah menyediakan asas saintifik yang kukuh untuk menyokong usaha pengiktirafan KASB sebagai Tapak Warisan Dunia UNESCO dengan mendokumentasikan NKS tapak dari aspek teknologi metalurgi, perdagangan maritim dan organisasi sosial yang unik. Walau bagaimanapun, kejayaan pencalonan UNESCO memerlukan lebih daripada sekadar dokumentasi saintifik. Ia memerlukan komitmen politik yang kuat, sumber kewangan yang mencukupi, kapasiti pengurusan yang berkesan dan sokongan komuniti yang luas. Kajian ini menyediakan asas saintifik, tetapi kejayaan akhir bergantung kepada usaha kolektif semua pihak berkepentingan.

### **PENGHARGAAN**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada penasihat Persatuan AncKed Sungai Batu, Ancient Kedah Heritage dan Institut Alam dan Tamadun Melayu, Universiti Kebangsaan Malaysia, kerana menyediakan semua kemudahan yang diperlukan untuk menjalankan penyelidikan ini dengan jayanya. Penyelidikan ini tidak menerima geran khusus daripada mana-mana agensi pembiayaan dalam sektor awam, komersial atau bukan berasaskan keuntungan.

### **SUMBANGAN PENGARANG**

Mohd Hasfarisham Abd Halim & Mazlan Mahmud: Metodologi, analisis data, penulisan-penyediaan draf asal; Mokhtar Saidin; penulisan-semakan dan penyuntingan. Semua penulis telah membaca dan bersetuju dengan versi manuskrip yang diterbitkan.

### **PERISYTIHARAN KONFLIK KEPENTINGAN**

Penulis mengisytiharkan tiada konflik kepentingan.

### **PERNYATAAN KETERSEDIAAN DATA**

Semua data yang disokong tersedia dalam artikel ini

### **RUJUKAN**

- Allen, J. S. (1988). *Trade and Site Distribution in Early History-Period Kedah: Geoarcheology, Historic and Locational Evidence*. [Tesis Kedoktoran]. University of Hawaii, Honolulu, USA
- Ardika, I. W., Bellwood, P., Sutaba, I. M. & Yuliati, K. C. (1997). Sembiran and the First Indian Contacts with Bali: An Update. *Antiquity*, 71, 193-195. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00084696>
- Baloch, Q. B., Shah, S. N., Iqbal, N., Sheeraz, M., Asadullah, M., Mahar, S. & Khan, A. U. (2022). Impact of Tourism Development upon Environmental Sustainability: A Suggested Framework for Sustainable Ecotourism. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(3), 5917-5930. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22496-w>
- Bellina, B. (2018). Development of maritime Trade Politics and diffusion of the "South China Sea Sphere of Interaction pan-regional culture": The Khao Sek excavations and industries' studies contribution. *Archaeological Research in Asia*, 13, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2017.06.004>

- Dimucci, A. M. (2015). *An Ancient Iron Cargo in the Indian Ocean: The Godavaya Shipwrecks*. Tesis Sarjana. Texas A&M University.
- Glahn, R. V (2020). The Political Economy of the East Asian Maritime World in the Sixteenth Century. In: Haggard, S. & Kang, D.C. (eds). *East Asia in the World Twelve Events that Shaped the Modern International Order*, Cambridge University Press, 44-64. <https://doi.org/10.1017/9781108807401.003>
- Md. Salleh, Y. (2019). Malay Navigation and Maritime Trade: A Journey through Anthropology and History. *IJUM Journal of Religion and Civilisational Studies*, 2(1), 73-81. <https://doi.org/10.31436/ijrcs.v2i1.61>
- Mohd Amin, A., Mohd Hasfarisham A. H., Shyeh Sahibul Karamah, M., Mokhtar, S. & Suresh, N. (2023). Geoarchaeosites for Heritage Tourism Product of Kuala Muda District, Kedah, Malaysia. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 46(1), 63-69. <https://doi.org/10.30892/gtg.46107-1001>
- Mohd Hasfarisham A. H. (2019). *Sumbangan Kajian di Tapak SB1Y, SB2G, SB2J dan SB2ZZ kepada Bukti Seni Bina Pelabuhan di Kompleks Sungai Batu, Lembah Bujang, Kedah*. Tesis Kedoktoran. Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang.
- Mohd Hasfarisham, A. H. & Mokhtar, S. (2021). XRD, XRF and SEM Analysis of Potsherds, Sungai Batu Complex, Bujang Valley, Kedah. *Warta Geologi*, 46(3), 204-209. <https://doi.org/10.7186/wg46320200>
- Mohd Hasfarisham, A. H. & Mokhtar, S. (2022). Teknologi Pembuatan Atap Genting Struktur Monumen Jeti dan Syahbandar Kompleks Arkeologi Sungai Batu: Interpretasi Awalan Berdasarkan Analisis Petrografi, Belauan Sinar-X (XRD) dan Pendarfluor Sinar-X (XRF). *International Journal of the Malay World and Civilisation*, 10(1), 71-85. <https://doi.org/10.17576/jatma-2022-1001-08>
- Mohd Hasfarisham, A. H. & Mokhtar, S. (2025a). Ancient Kedah Kingdom: Interpretations Based on Archaeological Studies. *Herança-History, Heritage and Culture Journal*, 8(1), 1-19. <https://doi.org/10.52152/heranca.v8i1.984>
- Mohd Hasfarisham, A. H. & Mokhtar, S. (2025b). Architecture of the Ancient Port Management SB2G Site at Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC), Bujang Valley, Kedah, Malaysia. *Journal of Maritime Archaeology*, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s11457-025-09468-0>
- Mohd Hasfarisham, A. H. & Mokhtar, S. (2025c). Traces of Trade Activities: Evidence of Ancient Jetty and Port Architectures in Southeast Asian Region. *Journal of Maritime Archaeology*, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s11457-025-09482-2>
- Mohd Hasfarisham, A. H. & Mokhtar, S. (2026a). Ancient Kedah as an Early Maritime Kingdom in Southeast Asia: A Case Study at the SB1H River Jetty Site, Sungai Batu Archaeological Complex, Bujang Valley, Kedah, Malaysia. *Journal of Maritime Archaeology*, 21, 1-30. <https://doi.org/10.1007/s11457-026-09517-2>
- Mohd Hasfarisham, A. H. & Mokhtar, S. (2026b). The Process of Developing Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC) Sites as Heritage Tourism Products in Kedah, Malaysia. *Built Heritage*, 10(2), 1-26. <https://doi.org/10.1186/s43238-025-00239-3>
- Mohd Hasfarisham, A. H., Shyeh Sahibul Karamah, M., Nor Khairunnisa, T. & Mokhtar, S. (2021a). Potensi Kawasan Kompleks Arkeologi Sungai Batu dalam Industri Besi Dunia Berdasarkan Analisis Data Survei Bahan Peleburan Besi dan Penggerudian Dalam. *Jurnal Arkeologi Malaysia*, 34 (2), 65-82. ISSN 0128-0732.
- Mohd Hasfarisham, A. H., Shyeh Sahibul Karamah, M., Nor Khairunnisa, T. & Mokhtar, S. (2021b). Sungai Batu Archaeological Complex as a Major Industrial Area for the Kedah Tua Kingdom Based on Core Drilling Data. *Kapata Arkeologi*, 17(2), 71-84. <https://doi.org/10.24832/kapata.v17i2.71-84>
- Mohd Hasfarisham, A. H., Iklil Izzati, Z., Shyeh Sahibul Karamah, M., Nor Khairunnisa, T. & Mokhtar, S. (2022). Kedah Tua Kingdom Ancient River Jetty Architecture as an Iconic Tourism Product of Kuala Muda District, Kedah, Malaysia. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 43(3), 895-906. <https://doi.org/10.30892/gtg.43308-902>
- Mohd Hasfarisham, A. H., Naizatul Akma, M. M., Iklil Izzati, Z., Siti Nurul Siha, M., Nur Saerah, A. H., Shyeh Sahibul Karamah, M. & Mokhtar, S. (2023a). Ancient Kedah Iron Smelting Experiment in Preparation for Offering Archaeological Tourism Heritage Packages at Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC), Bujang Valley, Kedah, Malaysia. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 47(2), 600-630. <https://doi.org/10.30892/gtg.47201-10xx>
- Mohd Hasfarisham, A. H., Naizatul Akma, M. M., Shyeh Sahibul Karamah, M. & Mokhtar, S. (2023b). Archaeological Experiments of Iron Smelting at Sungai Batu Archaeological Complexes, Bujang Valley,

- Kedah, Malaysia. *Quantum Journal of Social Sciences and Humanities*, 4(1), 94-115. <https://doi.org/10.55197/qjssh>
- Mohd Hasfarisham, A. H., Naizatul Akma, M. M., Shyeh Sahibul Karamah, M., Nor Khairunnisa, T., Ahmad Fadly, J. & Mokhtar, S. (2023c). X-Ray Fluorescence (XRF) Analysis of Iron Ore at Ancient Kedah Iron Smelting Site, Sungai Batu Archaeological Complex, Bujang Valley, Kedah, Malaysia. *Heliyon*, 9, e14850. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14850>
- Mohd Hasfarisham, A. H., Nor Khairunnisa, T., Ahmad Fadly, J., Shyeh Sahibul Karamah, M. & Mokhtar, S. (2024a). Analisis Difraktometer Belauan Sinar-X (XRD) Bata dan Atap Genting Monumen Jeti dan Pengurusan Pelabuhan SB2ZZ di Kompleks Arkeologi Sungai Batu, Lembah Bujang, Kedah. *Journal of Sustainability Science and Management*, 19(7), 136-166. <http://doi.org/10.46754/jssm.2024.07.007>
- Mohd Hasfarisham, A. H., Naizatul Akma, M. M., Siti Nurul Siha, M., Iklil Izzati, Z., Nur Saerah, A. H., Shyeh Sahibul Karamah, M. & Mokhtar, S. (2024b). Application of Digital Technology in Offering Tourism Packages at Iron Smelting Sites, Sungai Batu Archeological Complex (SBAC), Bujang Valley, Kedah, Malaysia. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 32, e00294. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2023.e00294>
- Mohd Hasfarisham, A. H., Naizatul Akma, M. M., Nor Khairunnisa, T., Shyeh Sahibul Karamah, M., Ahmad Fadly, J. & Mokhtar, S. (2024c). Evolution of the “Ancient Kedah”: A Study on Urban Forms at Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC), Bujang Valley, Kedah, Malaysia. A Study on Urban Forms at Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC), Bujang Valley, Kedah, Malaysia. *Frontiers of Architectural Research*, 13(1), 127-143. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2023.10.006>
- Mohd Hasfarisham, A. H., Mohd Zulhafiz, S., Mohd Amin, A., Shyeh Sahibul Karamah, M., Nor Khairunnisa, T. & Mokhtar, S. (2024d). The Impressive of Geological Evidence of Kuala Muda District: A Proposal for Geotourism Products in Kedah, Malaysia. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 56(4), 1637-1653. <https://doi.org/10.30892/gtg.56420-1334>
- Mohd Hasfarisham, A. H., Naizatul Akma, M. M., Shyeh Sahibul Karamah, M. & Mokhtar, S. (2025a). New Evidence of Ancient Kedah Iron Smelting Sites at Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC), Bujang Valley, Kedah, Malaysia. *L’Anthropologies (France)*, 129(1), 103342. <https://doi.org/10.1016/j.anthro.2024.103342>
- Mohd Hasfarisham, A. H., Iklil Izzati, Z., Shyeh Sahibul Karamah, M., Shaiful, S. & Mokhtar, S. (2025b). Revisiting the 2,600-Year-Old Ancient Kedah River Jetty Site of Sungai Batu Archaeological Complex, Bujang Valley, Kedah, Malaysia. *International Journal of Nautical Archaeology*, 1-29. <https://doi.org/10.1080/10572414.2025.2450784>
- Mohd Hasfarisham, A. H., Shyeh Sahibul Karamah, M. & Mokhtar, S. (2025c). Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC) in Kedah, Malaysia, as a Sustainable Heritage Tourism Product. *Built Heritage*, 9(4), 1-20. <https://doi.org/10.1186/s43238-024-00171-y>
- Mohd Hasfarisham, A. H., Nor Khairunnisa, T., Shyeh Sahibul Karamah, M. & Mokhtar, S. (2026). Using Survey Methods to Understand How Environment is Associated with River Jetty at Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC), Kedah, Malaysia. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 16(4), 743-764. <https://doi.org/10.1108/JCHMSD-11-2023-0178>
- Mohd Mokhtar, N. A. (2019). *Kajian Industri Peleburan Besi di Kompleks Sungai Batu, Lembah Bujang daripada Perspektif Arkeometalurgi (A Study of the Iron Smelting Industry in the Sungai Batu Complex, Bujang Valley from an Archaeometallurgical Perspective)*. Tesis Kedoktoran. Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang.
- Mokhtar, S., Jeffrey, A., Abdul Jalil, O. & Azman, A. (2011). Issues and problems of Previous Study in Bujang Valley and the Discovery of Sungai Batu. In Chia, S., & Andaya, B.W. (eds.). *Bujang Valley and Early Civilizations in Southeast Asia*, 15-26. Penerbit Universiti Sains Malaysia.
- Murillo-Barroso, M., Pryce, T. O., Bellina, B. & Martinon-Torres, M. (2010). Khao Sam Kaeo-An Archaeometallurgical Crossroads for Trans-Asiatic Technological Traditions. *Journal of Archaeological Science*, 37(7), 1761-1772. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.01.036>
- Naizatul Akma, M. M. & Mokhtar, S. (2020). The Contribution of Technical Ceramic to Iron Smelting Production at Sungai Batu, Bujang Valley, Kedah. *Warta Geologi*, 46(2), 99-106. <https://doi.org/10.7186/wg462202010>
- Naizatul Akma, M. M., Nordiana M. M., Mokhtar, S., Rosli, S., Shyeh Sahibul Karamah, M., Nor Azwin, I., Andy, A. B., Teoh, Y. J., Norhidayahti, M. M. & Noer, H. I. (2022). Geophysical Approach for the Ancient Iron

- in Sungai Batu, Bujang Valley, Kedah, Malaysia. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 19(3), 201-217. <https://doi.org/10.13168/agg.2022.0008>
- Rais, Y., Rosli, S., Mokhtar, S., Sabiu, B. M., Sabrian, T. A., Ashraf, M. A. M. & Hazreek, Z. A. M. (2018). Visualizing Sungai Batu Ancient River, Lembah Bujang Archeology Site, Kedah-Malaysia using 3-D Resistivity Imaging. *Journal of Physics: Conference Series*, 995(1), 012117. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/995/1/012117>
- Testolini, V., Thompson, L. & Lemorini, C. (2023). Archaeological Science and Experimental Archaeology Can Inform Sustainable Innovative Craft. *Sustainability*, 15(20), 14685. <https://doi.org/10.3390/su152014685>.
- Thang, D. V., Vo, T., Nhu, V. T. H. & Hop, D. V. (2025). The Role of Oc Eo Ancient City in the International Maritime Trade Network (From the First to the Seventh Century). *Journal of Ecohumanism*, 4(1), 911-921. <https://doi.org/10.62754/joe.v4i1.5893>.
- Zolkurnian, H. (2018). Tapak SB1B Sungai Batu, Kedah Malaysia: Pertaliannya kepada Sejarah Senibina dan Sosio-Budaya Tanah Besar Asia Tenggara. *Malaysia Museum Journal (PURBA)*, 37, 20-43. ISSN 2600-7673.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1.

#### *Integrasi Data Penerbitan Terkini (2021-2026) Di KASB*

| Tajuk Penyelidikan                                                                                                                                                                      | Fokus Penyelidikan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Kebaharuan/Sumbangan Asal Utama                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kepentingan kepada Bidang                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XRD, XRF and SEM Analysis of Potsherds, Sungai Batu Complex, Bujang Valley, Kedah (Mohd Hasfarisham & Mokhtar, 2021)                                                                    | Kajian ini dijalankan untuk menentukan sumber bahan mentah yang digunakan dalam pembuatan tembikar di Kompleks Arkeologi Sungai Batu melalui analisis saintifik XRD, XRF dan SEM. Sampel tanah liat diambil dari sekitar sungai purba untuk tujuan perbandingan dengan tembikar yang ditemui. Kajian juga bertujuan mengenal pasti suhu pembakaran yang digunakan dalam proses pembuatan tembikar tersebut.                                                                                                                                                         | Kajian ini membuktikan secara saintifik bahawa tembikar yang ditemui di Kompleks Sungai Batu dihasilkan menggunakan bahan mentah tempatan dari sungai purba di kawasan tersebut dan dibakar pada suhu antara 550°C hingga 650°C. Analisis mineral menunjukkan kehadiran montmorillonite dan illite yang mencadangkan teknik pembakaran terbuka telah diaplikasikan. Kandungan plumbum (Pb) yang rendah dalam tembikar mengukuhkan tafsiran bahawa ia dihasilkan menggunakan bahan tempatan, berbeza dengan tembikar dari India yang mempunyai kandungan plumbum tinggi. | Kajian ini penting dalam menyelesaikan isu berkaitan sumber bahan mentah pembuatan tembikar di Semenanjung Malaysia melalui kaedah saintifik. Penemuan ini membuktikan bahawa masyarakat Sungai Batu telah mempunyai kemahiran mengawal suhu pembakaran untuk menghasilkan tembikar berkualiti sejak berabad-abad lalu. Analisis warna tembikar menggunakan Munsell Soil Color Charts menunjukkan lima warna berbeza yang biasa ditemui di Semenanjung Malaysia, dengan warna kuning menunjukkan pembakaran pada suhu optimum yang membolehkan pengoksidaan berlaku dengan sempurna. |
| Potensi Kawasan Kompleks Arkeologi Sungai Batu dalam Industri Besi Dunia Berdasarkan Analisis Data Survei Bahan Peleburan Besi dan Penggerudian Dalam. (Mohd Hasfarisham et al., 2021a) | Penyelidikan ini dijalankan untuk mendapatkan data primer berkaitan potensi Kompleks Arkeologi Sungai Batu sebagai kawasan peleburan besi bagi Kerajaan Kedah Tua menggunakan kaedah survei dan penggerudian dalam. Bukti arkeologi menunjukkan kawasan ini telah digunakan sebagai industri peleburan besi utama sejak 788 Sebelum Masihi. Analisis sampel tanah dari penggerudian dalam menunjukkan kawasan ini dahulunya merupakan teluk laut purba yang besar sebelum paras laut menurun dan persekitarannya berubah menjadi sungai yang membolehkan penempatan | Kajian ini membuktikan bahawa kawasan Kompleks Arkeologi Sungai Batu mempunyai potensi menjadi kawasan industri besi yang berjaya disebabkan kemampuan sekitarnya membekalkan bahan asas seperti bijih besi, magnetit, hematit dan bakau untuk tujuan peleburan. Kawasan ini dicadangkan mempunyai sungai yang luas (sekitar 100 meter lebar dan 30 meter dalam) yang membolehkan proses perdagangan berjalan dengan berkesan. Kehadiran endapan                                                                                                                        | Kajian arkeologi di Kompleks Arkeologi Sungai Batu meletakkan kawasan ini sebagai pembekal besi utama dunia bagi Kerajaan Kedah Tua, mengukuhkan catatan pelayaran dan perdagangan awal oleh I-Tsing, Hoyland dan Gilmour, serta Thilakavathy yang menyatakan Kedah Tua merupakan pusat penghasilan besi utama dunia sebelum kurun pertama Masihi. Analisis data survei dan penggerudian dalam memberikan maklumat penting bahawa masyarakat Kedah Tua di                                                                                                                            |

|                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                         | ditubuhkan.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | aluvium juga membolehkan kearifan tempatan berkaitan pembuatan bata dan pembinaan struktur jeti dilakukan bagi memudahkan urusan perdagangan.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | kawasan Sungai Batu telah mempunyai pengetahuan luas berkaitan disiplin paleoalam dalam proses pemilihan kawasan paling berpotensi untuk dijadikan pusat perdagangan utama Kedah Tua sejak 788 Sebelum Masihi.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Sungai Batu Archaeological Complex as a Major Industrial Area for the Kedah Tua Kingdom Based on Core Drilling Data (Mohd Hasfarisham et al., 2021b)    | Penyelidikan ini bertujuan mendapatkan data primer berkaitan kemampunan Kedah Tua sebagai industri besi dunia berdasarkan data penggerudian dalam. Kaedah penyelidikan lapangan melibatkan survei, pemetaan dan penggerudian dalam diaplikasikan untuk mengesan data awal tentang potensi dan kepentingan kawasan ini kepada perdagangan industri besi dunia. Survei dijalankan dengan mengkaji peta topografi dan geologi untuk menentukan lokasi terbaik bagi penggerudian dalam di Kompleks Arkeologi Sungai Batu. | Analisis data penggerudian dalam menunjukkan dengan jelas bahawa kawasan ini dahulunya merupakan sebahagian daripada teluk laut purba yang besar sebelum paras laut menurun dan berubah menjadi muara sungai yang membolehkan penempatan ditubuhkan. Penemuan muskovit dalam sedimen aluvium dan pembentukan gumpalan besi dalam log penggerudian menguatkan bukti kewujudan sungai purba dari Bukit Jerai. Kawasan ini mendedahkan banyak bahan mentah seperti bijih besi untuk industri peleburan dan aluvium untuk pembuatan bata, berkembang menjadi kompleks perindustrian yang maju sejak 788 Sebelum Masihi. | Berdasarkan rekod pelayaran dan perdagangan oleh I-Tsing, Hoyland & Gilmour, dan Thilakavathy, kajian ini mengukuhkan peranan Kerajaan Kedah Tua sebagai pengeluar besi utama dunia. Analisis SEM-EDX menunjukkan bakau Merbok mungkin telah digunakan sebagai bahan bakar utama dalam industri peleburan besi Kedah Tua di Kompleks Arkeologi Sungai Batu. Kajian ini memberikan maklumat penting bahawa masyarakat Kedah Tua mempunyai pengetahuan luas berkaitan disiplin paleo-persekitaran yang membolehkan mereka memilih kawasan paling berpotensi untuk dijadikan pusat perdagangan utama sejak 788 Sebelum Masihi. |
| Kedah Tua Kingdom Ancient River Jetty Architecture as an Iconic Tourism Product of Kuala Muda District, Kedah, Malaysia (Mohd Hasfarisham et al., 2022) | Kajian ini dijalankan dengan tujuan utama untuk mengetahui seni bina dan fungsi setiap tapak di tebing sungai kiri dan kanan Sungai Batu. Rupa bentuk seni bina yang diperoleh semasa penggalian akan menentukan fungsi sebenar monumen tersebut. Untuk menentukan umur mutlak jeti sungai, beberapa sampel bata diambil dan dihantar ke Korea Basic Science Lab, Korea untuk menjalani kaedah Optical Stimulated Luminescence (OSL) bagi mendapatkan data pentarikan kronometrik                                     | Kajian ini berjaya mendedahkan penemuan struktur monumental yang dibina sepenuhnya daripada bata yang mencondong ke arah sungai purba, jelas mencadangkan fungsinya sebagai jeti purba, dengan pentarikan kronometrik menggunakan kaedah OSL menunjukkan ia dibina sejak 582 Sebelum Masihi. Kajian akademik di Kompleks Arkeologi Sungai Batu telah merekodkan penemuan struktur jeti                                                                                                                                                                                                                              | Berdasarkan data Outstanding Universal Value (OUV) yang didedahkan oleh tapak jeti berimpak dunia ini, ia membolehkan pakej pelancongan ikonik dicipta dan ditawarkan kepada pelancong di daerah tersebut. Antara OUV yang ditemui adalah: (1) buat pertama kali ditemui seni bina jeti yang paling lengkap di dunia, (2) mendedahkan bukti jeti sungai yang dibina sejak abad keenam Sebelum Masihi yang mewakili perdagangan                                                                                                                                                                                              |

|                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                 | mutlak.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | sungai yang paling lengkap, berbeza dengan kajian arkeologi di tapak jeti dan pelabuhan awal dunia yang lain yang hanya merekodkan runtuh struktur rig, tiang kayu, tembok dan pemecah ombak. Hanya penemuan di Kompleks Arkeologi Sungai Batu yang mampu mendedahkan bentuk seni bina jeti sungai yang paling lengkap untuk tamadun awal dunia.                                                                                                                                                                                                                                                                      | besi dunia, dan (3) satu-satunya kawasan di dunia yang mendedahkan jeti paling banyak yang berdekatan antara satu sama lain di sekitar sungai. Kajian perbandingan tapak peleburan besi dunia di Asia Tenggara, Asia Timur dan Asia Selatan juga tidak menemui kewujudan bukti tapak jeti sungai, pentadbiran jeti dan ritual di kawasan yang sama.                                                                                                                                                                                                                  |
| Teknologi Pembuatan Atap Genting Struktur Monumen Jeti dan Syahbandar Kompleks Arkeologi Sungai Batu: Interpretasi Awal Berdasarkan Analisis Petrografi, Belauan Sinar-X (XRD) dan Pendarfluor Sinar-X (XRF) (Mohd Hasfarisham & Mokhtar, 2022) | Kajian arkeologi di Kompleks Arkeologi Sungai Batu telah menemukan artifak atap genting yang bertaburan di tapak monumen jeti dan syahbandar. Temuan tersebut mendedahkan industri pembuatan atap genting telah bermula di kawasan Semenanjung Tanah Melayu sejak 582 Sebelum Masihi berdasarkan pentarikan struktur monumen berkenaan. Kajian ini bertujuan mengkaji teknologi penghasilan dan pembakaran atap genting di Kompleks Arkeologi Sungai Batu sejak kurun keenam Sebelum Masihi. | Atap genting yang ditemui dihasilkan daripada tanah liat yang diperolehi dari kawasan berdekatan dengan Kompleks Arkeologi Sungai Batu, ditumbuk sebelum diuli dan dibakar di dalam relau pada suhu sehingga 1400°C berdasarkan kehadiran mineral mulit dan kristobolit. Berdasarkan rupa bentuk atap genting yang berbentuk 'wave' dan 'zig zag', ia dicadangkan merupakan atap genting jenis Singgora. Analisis saintifik mengesahkan bahan asas yang digunakan untuk menghasilkan atap genting diambil daripada sumber yang sama berikutan adanya pertindihan CaO dan K <sub>2</sub> O antara sampel atap genting. | Kesemua data berkenaan memperlihatkan perkembangan teknologi penghasilan dan pembinaan yang telah pesat berlangsung di kawasan ini semenjak sebelum kurun pertama Masihi. Kajian arkeologi jelas menggambarkan tamadun awal dunia telah mula menghasilkan atap genting sebagai penutup bumbung monumen yang didirikan sejak kurun ketujuh Sebelum Masihi. Dicadangkan teknologi penghasilan atap genting dapat disebarluaskan berikutan wujudnya kegiatan perdagangan yang membolehkan interaksi sosial berlaku yang akhirnya membawa kepada perkembangan teknologi. |
| Ancient Kedah Iron Smelting Experiment in Preparation for Offering Archaeological Tourism Heritage Packages at Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC), Bujang Valley, Kedah, Malaysia (Mohd Hasfarisham et al., 2023a)                       | Kajian ini bertujuan menyediakan pemandu pelancong bertauliah berkaitan tapak warisan arkeologi di daerah Kuala Muda melalui Program Pemindahan Pengetahuan (KTP) yang ditubuhkan sejak 2013. Untuk mendapatkan data primer berkaitan aktiviti peleburan besi, proses eksperimen pembuatan relau, tuyere dan pam udara dijalankan. Maklumat dan hasil yang                                                                                                                                   | Penyelidikan arkeologi di SBAC sehingga 2023 adalah satu-satunya yang mendedahkan bukti lengkap industri berat Kedah purba sehingga kepada seni bina jeti sungai dan monumen pengurusan pelabuhan yang menguruskan urusan perdagangannya. Tanah liat dari kompleks ini telah digunakan sebagai bahan mentah untuk                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Eksperimen arkeologi peleburan besi telah dapat menyediakan data primer berkaitan bahan mentah dan prosedur peleburan yang akhirnya membawa kepada penawaran pakej arkeopelancongan di SBAC. Hasilnya adalah pakej lawatan berpandu dan pakej penuh yang melibatkan aktiviti seperti lawatan tapak, demonstrasi peleburan besi, pembuatan bata dan                                                                                                                                                                                                                   |

|                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                               | <p>diperhatikan semasa eksperimen kemudiannya digunakan sebagai rujukan utama untuk tawaran pakej lawatan berdasarkan demonstrasi peleburan besi di kompleks ini selepas mereka menjadi pemandu pelancong bertauliah.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>pembuatan relau dan tuyere manakala belos dibuat daripada kayu, papan lapis dan fabrik. Bijih besi jenis magnetit, hematit dan goetit diambil dari kawasan sekitar Kampung Batu 5, UiTM Merbok dan kawasan Bukit Tupah, dengan analisis XRF menunjukkan kandungan Fe bijih besi di kawasan ini berkisar dari 57.86% hingga 66.40%.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>penggalan. Buat pertama kali di daerah Kuala Muda, terdapat kumpulan orang tempatan yang terlatih dan mampu menjadi barisan hadapan kepada pemerikasaan produk pelancongan yang telah dipetakan di daerah Kuala Muda.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p>Archaeological Experiments of Iron Smelting at Sungai Batu Archaeological Complexes, Bujang Valley, Kedah, Malaysia (Mohd Hasfarisham et al., 2023b)</p>                                   | <p>Kajian eksperimen arkeologi ini bertujuan mendapatkan maklumat berkaitan proses peleburan besi yang berkemungkinan telah dijalankan di Kompleks Arkeologi Sungai Batu melalui pembuatan relau, tuyere dan belos. Kajian ini dijalankan melalui program pemindahan pengetahuan (KTP) di Kompleks Sungai Batu pada tahun 2013 yang melibatkan 18 peserta dan dua orang pengajar. Eksperimen melibatkan penggunaan tanah yang diambil di sungai Sungai Batu untuk menghasilkan relau dan tuyere manakala belos dibuat daripada kayu, papan lapis dan kain.</p> | <p>Kajian arkeologi di Kompleks Sungai Batu setakat ini telah dapat merekodkan penemuan tapak relau dengan diameter antara 190 hingga 100 cm yang mencadangkan ia adalah jenis relau berkubah. Bahan mentah peleburan besi iaitu bijih besi diambil selepas aktiviti survei dijalankan berhampiran kawasan Kampung Batu 5, UiTM Merbok dan kawasan Bukit Tupah manakala arang untuk peleburan besi menggunakan kayu getah dari ladang getah berhampiran kompleks. Eksperimen peleburan besi yang dijalankan telah menunjukkan perbezaan hasil peleburan dengan penemuan bloom besi yang menjelaskan kemungkinan perbezaan teknik dan teknologi peleburan untuk menghasilkan jongkong besi.</p> | <p>Walaupun hasil eksperimen menunjukkan perbezaan dengan hasil sebenar di tapak peleburan besi, data tersebut boleh digunakan dalam pembangunan arkeopelancongan di Kompleks Arkeologi Sungai Batu untuk memberikan gambaran teknik peleburan besi yang mungkin digunakan pada masa lalu. Eksperimen arkeologi peleburan besi telah dapat menyediakan data primer berkaitan bahan asas dan prosedur peleburan yang akhirnya membawa kepada penawaran pakej arkeopelancongan di Kompleks Arkeologi Sungai Batu. Hasilnya adalah pakej lawatan berpandu dan pakej penuh yang melibatkan aktiviti seperti lawatan tapak, eksperimen peleburan besi dan pembuatan bata serta penggalan.</p> |
| <p>X-Ray Fluorescence (XRF) Analysis of Iron Ore at Ancient Kedah Iron Smelting Site, Sungai Batu Archaeological Complex, Bujang Valley, Kedah, Malaysia (Mohd Hasfarisham et al., 2023c)</p> | <p>Penyelidikan ini bertujuan mendapatkan data primer berkaitan lokasi tepat bahan mentah yang digunakan dalam aktiviti peleburan besi Kedah purba. Penyelidikan arkeologi di tapak peleburan besi Kedah purba di kompleks ini telah dapat mengklasifikasikan penemuan bijih besi, jongkong besi, sanga besi,</p>                                                                                                                                                                                                                                              | <p>Berdasarkan analisis XRF, bagi unsur utama yang terdiri daripada kumpulan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> melebihi 70% jelas mempunyai persamaan analisis bijih besi yang ditemui di tapak peleburan besi Kedah purba di Kompleks Arkeologi Sungai Batu. Persampelan bijih besi</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>Analisis XRF yang dijalankan ke atas sampel bijih besi yang ditemui di tapak peleburan besi, 57 sampel yang diperoleh di 22 lokasi survei dan jongkong besi jelas menunjukkan tiada perubahan ketara direkodkan dalam nilai yang diperhatikan bagi unsur utama dan surih</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

tuyere dan tapak relau yang membolehkan industri peleburan besi yang berlangsung berskala besar dikenal pasti. Kajian ini juga bertujuan mendapatkan data primer berkaitan jenis bijih besi yang digunakan dalam aktiviti peleburan besi di Kompleks Sungai Batu kerana penggalian telah menemui bijih besi (hematit, magnetit, goetit) dan laterit di tapak peleburan besi.

diperoleh di kawasan UiTM Merbok, Kampung Batu 5, Bukit Tupah, Bukit Inas, Kampung Paya Suri dan Bukit Ayer Nasi yang berjarak antara 1 hingga 11 km dari kompleks ini. Ini menunjukkan bahan mentah untuk industri peleburan besi di Kompleks Arkeologi Sungai Batu adalah berbeza dari beberapa tapak peleburan besi di Thailand dan Indonesia yang menggunakan laterit sebagai bahan mentah untuk peleburan besi.

untuk sampel bijih besi yang dianalisis. Berdasarkan analisis, ia jelas menunjukkan bahan mentah tempatan di Gunung Jerai telah digunakan sebagai bahan mentah utama untuk proses peleburan besi di Kompleks Arkeologi Sungai Batu. Bijih besi dilombong dan dibawa ke kompleks ini menggunakan Sungai Merbok dan Sungai Batu sebagai sistem pengangkutan utama sebelum Abad pertama Masihi, menunjukkan kesesuaian paleo-persekitaran yang membantu perkembangan Kedah Tua sebagai kerajaan pengeksport jongkong besi utama tamadun dunia sejak kurun keenam Sebelum Masihi.

Geoarchaeosites for Heritage Tourism Product of Kuala Muda District, Kedah, Malaysia (Mohd Amin, 2023).

Kajian ini melibatkan penyelidikan lapangan (survei, pemetaan, penggalian dan analisis) untuk melengkapkan data primer berkaitan tiga kompleks arkeologi di daerah Kuala Muda yang masih in-situ dan boleh dilawati oleh pelancong. Analisis sisa seni bina, bahan binaan dan teknologi pengeluaran dijalankan untuk mengukuhkan tafsiran yang dikemukakan. Hasil kajian kemudiannya dianalisis yang membolehkan outstanding universal value (OUV) setiap tapak dikenal pasti yang membolehkannya digunakan sebagai produk pelancongan warisan arkeologi di daerah Kuala Muda.

Hasil kajian mendedahkan Kompleks Arkeologi Sungai Batu telah digunakan sebagai kawasan industri peleburan besi sejak 788 Sebelum Masihi manakala Kompleks Arkeologi Bukit Batu Pahat dan Pengkalan Bujang telah digunakan sebagai pelabuhan dan kompleks Hindu-Buddha sejak Abad ke-7 Masihi hingga Abad ke-13 Masihi. Berdasarkan keunikan data arkeologi dalam kompleks tersebut, sebanyak lima pakej pelancongan telah dicipta untuk memelihara pelancongan warisan arkeologi ini dengan Kompleks Arkeologi Sungai Batu (SBAC) telah dijadikan sebagai pusat sehenti untuk pengurusan pakej pelancongan.

Penyelidikan saintifik di kawasan ini sejak tahun 1840-an telah mendedahkan bukti arkeologi yang sangat unik dan istimewa yang tidak terdapat di daerah lain di negara ini. Pakej pelancongan khas yang menggabungkan warisan arkeologi di Kompleks Arkeologi Sungai Batu, Kompleks Arkeologi Bukit Batu Pahat dan Kompleks Arkeologi Pengkalan Bujang dicipta untuk memelihara pelancongan ini bermula pada tahun 2022. Di pusat pelancongan sehenti SBAC, semua aktiviti pelancongan melibatkan lawatan berpandu di SBAC, aktiviti eksperimen peleburan besi, pembuatan bata dan penggalian tangan dijalankan. Kaedah promosi pelancongan melalui penglibatan agensi pelancongan, pameran, pesta dan festival, hubungan

|                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | profesional dengan pihak berkepentingan, serta internet telah dijalankan.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Analisis Difraktometer Belauan Sinar-X (XRD) Bata dan Atap Genteng Monumen Jeti dan Pengurusan Pelabuhan SB2ZZ di Kompleks Arkeologi Sungai Batu (KASB), Lembah Bujang, Kedah (Mohd Hasfarisham et al., 2024a). | Kajian ini menjalankan analisis XRD terhadap 45 sampel bata dan 15 sampel atap genting dari tapak jeti dan pengurusan pelabuhan SB2ZZ untuk menentukan bahan asas yang digunakan dalam proses pembuatan. Analisis membandingkan sampel artifak dengan sampel tanah dari tebing sungai kuno di KASB untuk mengenal pasti sumber bahan mentah. Objektif utama adalah untuk mendapatkan data primer berkaitan teknologi pembakaran dan asal bahan asas yang digunakan dalam pembinaan monumen Kerajaan Kedah Tua.      | Kajian ini membuktikan bahawa bahan asas bata dan atap genting diambil dari aluvium Kuartern di sekitar Sungai Batu dalam jarak 100 meter dari tapak SB2ZZ. Penemuan baharu menunjukkan artifak dibakar pada suhu sehingga 1,400°C menggunakan relau, berbanding kajian terdahulu yang hanya mencadangkan pembakaran terbuka. Ini merupakan kali pertama data analisis saintifik terhadap atap genting direkodkan bagi tamadun Kedah Tua, termasuk teknologi pembuatan dan bahan asasnya. Kajian membuktikan perkembangan teknologi penghasilan bata dan atap genting berlaku sejak 582 Sebelum Masihi berdasarkan pentarikan kronometrik. | Kajian ini mendedahkan kepelbagaian teknologi yang diaplikasi dalam sektor pembuatan dan pembinaan monumen Kedah Tua, khususnya penggunaan relau sebagai alat bantu. Penemuan memperlihatkan kearifan tempatan masyarakat Kedah Tua yang mempunyai ahli geologi dengan pengetahuan tinggi dalam pemilihan tanah liat yang sesuai untuk dijadikan bata. Bukti arkeologi menyokong KASB sebagai kerajaan terawal di Asia Tenggara yang mengeksploitasi tanah liat untuk menghasilkan bata dan atap genting sejak kurun keenam Sebelum Masihi. |
| Application of Digital Technology in Offering Tourism Packages at Iron Smelting Sites, Sungai Batu Archeological Complex (SBAC), Bujang Valley, Kedah, Malaysia (Mohd Hasfarisham et al., 2024b).               | Kajian ini bertujuan membangunkan sistem teknologi digital yang sesuai untuk memanipulasi maklumat daripada kajian lapangan di SBAC ke dalam bentuk digital. Teknologi digital seperti Augmented Reality (AR), kipas hologram dan kod QR diperkenalkan di SBAC untuk mentransformasikan pelancongan ke arah digitalisasi. Objektif kedua adalah membolehkan cadangan dikemukakan di peringkat daerah Kuala Muda supaya aplikasi teknologi digital yang sama digunakan di lokasi pelancongan ikonik daerah tersebut. | Kajian ini memperkenalkan penggunaan teknologi AR menggunakan tujuh unit Samsung Galaxy Tab S7 di tapak bengkel peleburan besi untuk menunjukkan bentuk dan fungsi sebenar tapak. Teknologi kipas hologram diaplikasikan di tapak peleburan besi SB2A untuk menyebarkan maklumat berkaitan bahan mentah, teknologi pembinaan relau dan kaedah peleburan. Sistem kod QR dipasang di tapak bengkel untuk membolehkan pelawat mendapat maklumat berkaitan fungsi, penemuan dan umur tapak. Pendekatan ini merupakan respons                                                                                                                   | Kajian ini memberi manfaat signifikan kepada sektor pelancongan negara dalam menunjukkan bagaimana tapak warisan perlu menggunakan teknologi digital. Penggunaan perisian berkomputer memberi impak nyata terhadap pembaharuan sektor pelancongan ke arah pendekatan yang lebih teknologi berdasarkan pemprosesan maklumat lapangan ke dalam grafik komputer. Aplikasi teknologi digital dalam sektor arkeopelancongan menjadikan destinasi pelancongan arkeologi lebih informatif, mudah diakses dan menarik kepada orang ramai.           |

|                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | proaktif terhadap kesan negatif pandemik Covid-19 terhadap sektor pelancongan.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Evolution of the “Ancient Kedah”: A Study on Urban Forms at Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC), Bujang Valley, Kedah, Malaysia. A Study on Urban Forms at Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC), Bujang Valley, Kedah, Malaysia (Mohd Hasfarisham et al., 2024c). | Penyelidikan ini bertujuan melengkapkan data kronologi dan proses pembandaran Kedah Tua, khususnya membuktikan proses pembandaran yang berterusan bertujuan membangunkan industri peleburan besi dan perdagangan. Kajian melibatkan pentarikan kronometrik terhadap sampel bata dan arang di tapak untuk menentukan kronologi kewujudan setiap tapak dan menjelaskan penggunaan ruang di kompleks ini. Pemetaan geofizik dan penggerudian teras turut diaplikasikan untuk mengukuhkan data pentarikan yang diperolehi. | Pentarikan kronometrik menggunakan teknik radiokarbon mendedahkan umur tertua industri besi di KASB bermula sejak 545 Sebelum Masihi dengan peratusan kebarangkalian 95.4%. Kajian juga mendedahkan tarikh terawal 788 Sebelum Masihi berdasarkan sampel Beta-516413 dengan kebarangkalian 95.4%. Bukti arkeologi menunjukkan proses pembandaran yang berlaku berkait rapat dengan konsep Lynch yang menekankan prinsip laluan, sempadan, daerah, nod, dan mercu tanda. Kajian membuktikan Kerajaan Kedah Tua wujud sejak kurun keenam Sebelum Masihi dan berorientasikan perdagangan sumber besi. | Kajian ini membuktikan wujudnya proses pembandaran terancang yang menunjukkan kewujudan arkitek dan pekerja mahir yang membantu dalam pembandaran dan pembangunan penggunaan tanah di kawasan ini. Data membolehkan analisis bentuk spatial bandar bersejarah dan cara memahami ciri-ciri tempatan, pembangunan dan evolusi perancangan tradisional dapat direkodkan dengan jelas. Ini menjadikan KASB sebagai pusat eksport jongkong besi terbesar di dunia sejak 545 Sebelum Masihi.                                                                          |
| The Impressive of Geological Evidence of Kuala Muda District: A Proposal for Geotourism Products in Kedah, Malaysia (Mohd Hasfarisham et al., 2024d).                                                                                                                        | Kajian ini menyediakan bukti primer tentang ciri-ciri geologi di daerah Kuala Muda yang menunjukkan potensi signifikan untuk pembangunan sebagai produk geopelancongan. Aktiviti tinjauan dan pemetaan dijalankan untuk mengumpul maklumat tentang keadaan semasa 11 geotapak serta kemudahan yang telah disediakan untuk memudahkan pelancongan bermusim. Semakin penyelidikan saintifik terdahulu bagi setiap geotapak turut dijalankan supaya data keistimewaan geotapak dapat dirumuskan.                          | Kajian telah memudahkan penciptaan 17 pakej pelancongan di bawah Persatuan AncKed Sungai Batu, merangkumi produk pelancongan geologi, geoarkeologi, biologi, sejarah, warisan dan budaya di daerah Kuala Muda. Pemetaan 11 geotapak dalam daerah Kuala Muda mewakili pelbagai kategori seperti evolusi landskap pantai, Gunung Jerai, metamorfisme serantau, fasa magmatik lewat, metamorfisme sentuhan dan evolusi geologi kuadran. Kawasan Geopark Jerai yang menempatkan batuan daripada Formasi Jerai berusia Kambrian memiliki nilai saintifik                                                | Proses tinjauan dan pemetaan mendedahkan nilai kecemerlangan global dalam 11 geotapak yang boleh digunakan dalam proses dossier untuk diiktiraf sebagai geopark kebangsaan dan kemudiannya ditetapkan sebagai UNESCO Global Geopark. Daerah Kuala Muda telah memanfaatkan keistimewaan ini untuk mempromosikan lokasi sebagai produk pelancongan, membawa kepada penciptaan 15 pakej pelancongan ikonik. Ini dilakukan dengan tujuan tunggal memastikan generasi semasa mendapat manfaat berguna hasil daripada pengalaman pelancongan berpengetahuan di daerah |

|                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | yang signifikan layak mendapat pengiktirafan global.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Kuala Muda.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Using Survey Methods to Understand How Environment is Associated with River Jetty at Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC), Kedah, Malaysia (Mohd Hasfarisham et al., 2024e). | Kajian ini dijalankan dengan tujuan utama merekod data primer berkaitan faktor persekitaran yang menjadi kriteria utama dalam pemilihan KASB sebagai pusat industri peleburan besi dan perdagangan Kedah Tua. Kajian lapangan melibatkan kaedah pemetaan fotogrametri dron, penggerudian, penggerudian teras dan pemetaan geofizik dijalankan untuk mencapai tujuan ini. Kajian bertujuan mendapatkan data potensi primer di sekitar KASB dalam proses membangunkannya sebagai pusat industri besi dunia.                                                                                                                | Kajian ini mendedahkan data primer berkaitan kesesuaian paleosekitaran dalam proses pembangunan KASB sebagai kawasan industri peleburan besi dunia. Hasil yang diperoleh melalui aplikasi kaedah menunjukkan KASB mempunyai persekitaran yang baik dengan aliran sungai yang luas dan dalam, kewujudan Gunung Jerai, dan kelimpahan bijih besi, bakau Merbok dan tanah liat. Kajian membuktikan faktor persekitaran menjadi penentu utama dalam pemilihan lokasi KASB sebagai pusat industri dan perdagangan.                                                                                                                  | Kajian ini menyumbang pemahaman menyeluruh tentang hubungan antara persekitaran semula jadi dengan pembangunan industri dan perdagangan tamadun awal. Data tinjauan dan pemetaan yang dijalankan dapat dibangunkan sebagai produk pelancongan warisan yang mampan. Penemuan menekankan bahawa perhatian terhadap dasar warisan dan perlindungan mesti berterusan di semua peringkat kerajaan dan komuniti tempatan. Kajian membuktikan kepentingan faktor geologi, hidrologi dan biologi dalam pembangunan kompleks industri dan perdagangan tamadun awal.                     |
| Ancient Kedah Kingdom: Interpretations Based on Archaeological Studies (Mohd Hasfarisham & Mokhtar, 2025a)                                                                        | Manuskrip ini merupakan ringkasan kajian arkeologi yang dijalankan di kawasan Kedah Tua, meliputi kira-kira 1,000 km <sup>2</sup> . Kesimpulan kajian dikenal pasti dengan menyusun data daripada rekod bertulis dan navigasi serta rekod arkeologi itu sendiri. Kajian bertujuan menunjukkan peranan penting Kerajaan Kedah Tua sebagai kerajaan maritim di Asia Tenggara sejak kurun keenam Sebelum Masihi. Penyelidikan menggabungkan pelbagai disiplin termasuk sains, geologi, pentarikan kronometrik (OSL dan radiokarbon), seni bina dan sejarah untuk meningkatkan pemahaman tentang sejarah Kerajaan Kedah Tua. | Kajian membuktikan Kerajaan Kedah Tua bermula seawal kurun keenam Sebelum Masihi berdasarkan kompilasi kajian dari 1840 hingga 2024. Bukti arkeologi menunjukkan kerajaan ini memainkan peranan penting sebagai pengeksport jongkong besi selain menghasilkan manik dan tembikar. Ciri geologi di kawasan ini bermula 220 juta tahun lalu berikutan pencerobahan magma, menghasilkan kelimpahan bijih besi (hematit, magnetit dan biotit) di sekitar Gunung Jerai. Bukti arkeologi termasuk artifak perdagangan, monumen Hindu-Buddha dan arca agama menyokong peranan Kedah Tua sebagai hab penting untuk perdagangan global. | Penyelidikan ini menunjukkan Kerajaan Kedah Tua mengutamakan aktiviti perdagangan dalam membangunkan sistem ekonominya, selaras dengan ciri-cirinya sebagai kerajaan bertamadun. Kerajaan ini mengalami evolusi dan perkembangan teknologi yang dipermudahkan melalui pemindahan ilmu melalui interaksi sosial semasa aktiviti perdagangan. Lokasi strategik Kerajaan Kedah Tua di tengah-tengah laluan perdagangan dunia yang menghubungkan Teluk Bengal, Selat Melaka dan Laut China Selatan telah membawa kepada pembangunannya sebagai salah satu pusat perdagangan utama. |
| Architecture of the Ancient Port Management SB2G                                                                                                                                  | Penyelidikan arkeologi di SBAC sehingga 2025 telah                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Kajian ini mendedahkan struktur seni bina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Kajian ini menyelesaikan isu berkaitan bentuk seni                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Site at Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC), Bujang Valley, Kedah, Malaysia (Mohd Hasfarisham & Mokhtar, 2025b)                                                | berjaya mengenal pasti seni bina pengurusan pelabuhan Kerajaan Kedah Tua yang dibina pada Kurun Kelima Sebelum Masihi di tapak SB2G. Kajian menekankan beberapa metodologi dalam usaha pengumpulan data primer seperti tinjauan, pemetaan, penggalian dan kaedah analisis di tapak SB2G. Proses penggalian dijalankan untuk mengesahkan data daripada proses tinjauan dan pemetaan yang dijalankan sebelumnya.                                                                         | pengurusan pelabuhan yang paling lengkap yang dibina di belakang struktur jeti sungai. Seni bina berbentuk ruang pentadbiran dan dibina secara mendatar di belakang struktur jeti sungai, dibina sepenuhnya daripada bata dan ditutup dengan jubin bumbung sebagai struktur berbumbung. Sehingga 2025, kajian arkeologi di KASB telah berjaya menjejak dan merekod kemunculan seni bina pengurusan pelabuhan yang paling lengkap di rantau Asia Tenggara, terutamanya yang dibina daripada bata dan dibina sejak kurun kelima Sebelum Masihi. Pentarikan kronometrik menunjukkan struktur monumen di tapak SB2G dibina dari kurun kelima hingga kurun pertama Sebelum Masihi. | bina monumen pengurusan pelabuhan awal, khususnya untuk Kerajaan Kedah Tua. Data berkaitan seni bina pengurusan pelabuhan lebih awal daripada kurun kedua Masihi belum direkodkan di rantau Asia Tenggara walaupun terdapat bukti kemunculan seni bina bandar pelabuhan yang digunakan dalam aktiviti perdagangan dari kurun kedua hingga kelapan belas Masihi. Penemuan membuktikan Kerajaan Kedah Tua di KASB sekitar kurun kelima Sebelum Masihi mengalami pertumbuhan pesat industri peleburan besi dan perdagangannya sehingga memerlukan struktur monumen untuk mengurus dan mentadbir setiap aktiviti perdagangan di kawasan pelabuhan. |
| Revisiting the 2,600-Year-Old Ancient Kedah River Jetty Site of Sungai Batu Archaeological Complex, Bujang Valley, Kedah, Malaysia (Mohd Hasfarisham et al., 2025b). | Kajian ini mengkaji semula tapak jeti sungai purba berusia 2,600 tahun di Kompleks Arkeologi Sungai Batu (KASB), Lembah Bujang, Kedah. Penyelidikan berfokus kepada pengesahan data arkeologi sedia ada serta penemuan baharu berkaitan struktur jeti dan persekitaran sungai purba. Kajian menggunakan pendekatan pelbagai disiplin termasuk analisis arkeologi, pentarikan dan kajian persekitaran untuk memahami fungsi dan kepentingan tapak jeti dalam konteks tamadun Kedah Tua. | Kajian ini menyediakan bukti baharu dan semakan semula terhadap tapak jeti sungai purba di KASB yang membuktikan kewujudan infrastruktur pelabuhan seawal 600 SM. Penemuan mengesahkan bahawa tapak jeti ini merupakan salah satu struktur jeti sungai tertua di Asia Tenggara dengan bukti arkeologi yang kukuh. Data baharu yang diperoleh memperkukuhkan hujah bahawa Kedah Tua telah memiliki sistem pengangkutan sungai yang terancang dan canggih.                                                                                                                                                                                                                      | Kajian ini menyumbang secara signifikan kepada pemahaman tentang sejarah maritim dan perdagangan awal di Asia Tenggara. Penemuan tapak jeti purba di KASB menegaskan kedudukan Kedah Tua sebagai pusat perdagangan maritim yang penting dalam jaringan perdagangan antarabangsa. Kajian ini juga memberi implikasi penting kepada usaha pemuliharaan dan pengurusan warisan arkeologi di Malaysia.                                                                                                                                                                                                                                             |
| Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC) in Kedah, Malaysia, as a Sustainable Heritage Tourism Product (Mohd Hasfarisham et al.,                                    | Kajian ini bertujuan untuk menilai potensi Kompleks Arkeologi Sungai Batu (KASB) sebagai produk pelancongan warisan yang mampan. Penyelidikan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Kajian ini memperkenalkan kerangka baharu untuk pembangunan KASB sebagai produk pelancongan warisan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Kajian ini memberi sumbangan penting kepada bidang pelancongan warisan dan pengurusan tapak arkeologi di Malaysia.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2025c).                                                                                                                                                          | meneliti aspek pengurusan warisan, pembangunan produk pelancongan dan strategi kelestarian dalam konteks tapak arkeologi. Kajian menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk memahami persepsi pelancong, komuniti tempatan dan pemegang taruh terhadap pembangunan KASB sebagai destinasi pelancongan warisan.                                                                                                                                                | yang mampan berdasarkan prinsip-prinsip kelestarian UNESCO. Kajian mendedahkan bahawa KASB memiliki potensi unik sebagai tapak warisan gabungan yang merangkumi nilai arkeologi, geologi dan budaya. Model pembangunan pelancongan mampan yang dicadangkan memberikan panduan praktikal untuk pengurusan tapak warisan arkeologi di Malaysia.                                                                                                       | Penemuan menunjukkan bahawa pembangunan KASB sebagai produk pelancongan mampan boleh menjadi model rujukan untuk tapak warisan lain di rantau Asia Tenggara. Kajian ini juga menyumbang kepada pembangunan ekonomi tempatan melalui pelancongan warisan yang bertanggungjawab.                                                                                                                  |
| New Evidence of Ancient Kedah Iron Smelting Sites at Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC), Bujang Valley, Kedah, Malaysia (Mohd Hasfarisham et al., 2025a). | Kajian ini melaporkan penemuan bukti baharu tapak peleburan besi purba di KASB, Lembah Bujang, Kedah. Penyelidikan menjalankan penggalian arkeologi sistematik dan analisis saintifik terhadap sampel terak besi, bata relau dan artifak berkaitan untuk mendokumentasikan teknologi peleburan besi Kedah Tua. Kajian menggunakan teknik analisis kimia, metalurgi dan pentarikhan untuk memahami kronologi dan skop industri peleburan besi di kawasan ini.               | Kajian ini mendedahkan bukti baharu yang memperluas pemahaman tentang skop dan kecanggihan industri peleburan besi Kedah Tua. Penemuan tapak peleburan besi baharu menunjukkan bahawa industri ini lebih meluas daripada yang dijangkakan sebelumnya, merangkumi kawasan yang lebih besar di sekitar KASB. Analisis saintifik mendedahkan teknik peleburan besi yang canggih dan unik yang mencerminkan pengetahuan metalurgi tempatan yang tinggi. | Kajian ini memberikan sumbangan penting kepada sejarah teknologi dan industri di Asia Tenggara, khususnya berkaitan perkembangan industri besi pada zaman purba. Penemuan memperkukuhkan kedudukan KASB sebagai pusat industri peleburan besi terpenting di rantau ini. Kajian ini juga membuka peluang penyelidikan lanjut dalam bidang arkeologi metalurgi dan sejarah teknologi di Malaysia. |
| Traces of Trade Activities: Evidence of Ancient Jetty and Port Architectures in Southeast Asian Region (Mohd Hasfarisham & Mokhtar, 2025c)                       | Kajian ini meneliti bukti-bukti arkeologi berkaitan aktiviti perdagangan purba melalui analisis seni bina jeti dan pelabuhan di rantau Asia Tenggara. Penyelidikan membandingkan ciri-ciri seni bina jeti dan pelabuhan dari pelbagai tapak arkeologi di Asia Tenggara untuk mengenal pasti corak dan teknologi pembinaan yang digunakan. Kajian menggunakan pendekatan komparatif dan analisis arkeologi untuk memahami jaringan perdagangan maritim purba di rantau ini. | Kajian ini merupakan kajian komparatif pertama yang secara sistematik menganalisis seni bina jeti dan pelabuhan purba di seluruh rantau Asia Tenggara. Penemuan mendedahkan persamaan dan perbezaan dalam teknologi pembinaan jeti dan pelabuhan yang mencerminkan pertukaran pengetahuan dan teknologi antara tamadun purba. Kajian memperkenalkan tipologi baharu seni bina jeti dan pelabuhan purba                                              | Kajian ini menyumbang secara signifikan kepada pemahaman tentang sejarah maritim dan perdagangan purba di Asia Tenggara. Penemuan memberikan bukti kukuh tentang wujudnya jaringan perdagangan maritim yang kompleks dan teratur di rantau ini sejak zaman purba. Kajian ini juga memberi implikasi penting kepada penyelidikan arkeologi maritim dan sejarah tamadun di Asia Tenggara.         |

|                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Asia Tenggara<br>berdasarkan bukti<br>arkeologi.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ancient Kedah as an Early Maritime Kingdom in Southeast Asia: A Case Study at the SB1H River Jetty Site, Sungai Batu Archaeological Complex, Bujang Valley, Kedah, Malaysia (Mohd Hasfarisham & Mokhtar, 2026a). | Kajian ini mengkaji tapak jeti sungai SB1H di KASB sebagai bukti utama kedudukan Kedah Tua sebagai kerajaan maritim awal di Asia Tenggara. Penyelidikan menjalankan penggalian arkeologi menyeluruh dan analisis saintifik terhadap struktur jeti, artifak dan sedimen untuk merekonstruksi fungsi dan kronologi tapak. Kajian menggunakan pendekatan pelbagai disiplin termasuk arkeologi maritim, analisis sedimen dan pentarikan kronometrik.                                                      | Kajian ini memberikan bukti arkeologi yang komprehensif dan kukuh tentang kewujudan Kedah Tua sebagai kerajaan maritim awal di Asia Tenggara. Analisis mendalam terhadap tapak SB1H mendedahkan struktur jeti yang canggih dan bukti aktiviti perdagangan antarabangsa yang aktif sejak kurun ke-6 SM. Kajian ini merupakan kajian kes paling terperinci tentang seni bina jeti sungai purba di Asia Tenggara.                                                                        | Kajian ini memberikan sumbangan besar kepada pemahaman tentang sejarah kerajaan awal dan perdagangan maritim di Asia Tenggara. Penemuan menegaskan bahawa Kedah Tua merupakan salah satu kerajaan maritim terawal dan terpenting di rantau ini. Kajian ini juga memperkukuhkan asas saintifik untuk usaha pengiktirafan KASB sebagai Tapak Warisan Dunia UNESCO.                                                                          |
| The Process of Developing Sungai Batu Archaeological Complex (SBAC) Sites as Heritage Tourism Products in Kedah, Malaysia (Mohd Hasfarisham & Mokhtar, 2026b).                                                   | Kajian ini mendokumentasikan dan menganalisis proses pembangunan tapak-tapak di KASB sebagai produk pelancongan warisan di Kedah, Malaysia. Penyelidikan meneliti pelbagai peringkat pembangunan, dari penggalian arkeologi awal hingga pembangunan infrastruktur pelancongan, dengan memberi tumpuan kepada strategi dan cabaran yang dihadapi. Kajian menggunakan pendekatan kajian kes untuk memahami proses transformasi tapak arkeologi menjadi destinasi pelancongan warisan yang berdaya maju. | Kajian ini menyediakan dokumentasi komprehensif dan analisis kritikal tentang proses pembangunan KASB sebagai produk pelancongan warisan yang belum pernah dilakukan sebelumnya. Penemuan mendedahkan model pembangunan unik yang menggabungkan keperluan pemuliharaan arkeologi dengan pembangunan pelancongan yang mampan. Kajian memperkenalkan kerangka kerja baharu untuk pembangunan tapak arkeologi sebagai produk pelancongan warisan yang boleh diaplikasikan di tapak lain. | Kajian ini memberikan sumbangan penting kepada bidang pengurusan warisan dan pembangunan pelancongan di Malaysia dan Asia Tenggara. Model pembangunan yang diperkenalkan boleh menjadi rujukan untuk tapak arkeologi lain yang ingin membangunkan diri sebagai destinasi pelancongan warisan. Kajian ini juga menyumbang kepada pembangunan dasar dan strategi pengurusan tapak warisan arkeologi di peringkat nasional dan antarabangsa. |

*Sumber : KASB*

